国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

中国战略性新兴产业研究与发展

R&D of China's Strategic New Industries

塑木复合材料

Wood-Plastic Composite

吴正元 主编

机械工业出版社
China Machine Press

本书分5章，主要针对塑木复合材料行业的发展状况、科技发展情况、国内外情况对比、资源潜力、布局与思路、发展目标、发展战略、面临的机遇等进行了全面、系统的分析研究，对塑木复合材料的未来发展提出了具有指导意义的建议。其中，第1章是塑木复合材料的产业概论，全面阐述了塑木复合材料的基本概念、生产技术、应用概况和产业的意义；第2～5章从全局的高度分别分析了国外塑木复合材料产业发展情况、我国塑木复合材料产业的发展与现状、我国与发达国家塑木复合材料产业的比较、塑木复合材料产业的发展战略思考与措施等。

本书资料详实，具有一定的学术、理论深度，适合各级政府和行业决策机构制定政策法规、学术研究机构规划研究方向参考，也适合企业决策者，技术、管理及市场人员，以及投资、证券行业及咨询机构的人员在规划、投资、研究、项目实施中使用。

图书在版编目（CIP）数据

中国战略性新兴产业研究与发展．塑木复合材料 / 吴正元主编．—北京：机械工业出版社，2016.11
ISBN 978-7-111-55256-7

Ⅰ．①中… Ⅱ．①吴… Ⅲ．①新兴产业－产业发展－研究－中国②塑料工业－产业发展－研究－中国 Ⅳ．①F269.24 ②F426.7

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第260682号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号　邮政编码 100037）
责任编辑：曹　军　　责任校对：赵　蕊
北京宝昌彩色印刷有限公司印制
2016年11月第1版第1次印刷
170mm×242mm • 17.5印张 • 303千字
标准书号：ISBN 978-7-111-55256-7
定价：118.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：(010)88361066	年　鉴　网：http://www.cmiy.com
销　售　一　部：(010)68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销　售　二　部：(010)88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：(010)68326643	**封面无机械工业出版社专用防伪标均为盗版**

《中国战略性新兴产业研究与发展》

编委会

主　任　路甬祥　第十届、十一届全国人大常委会副委员长，中国科学院院士、中国工程院院士

副主任　苏　波　中纪委驻中央统战部纪检组组长

王文斌　中国机械工业联合会副会长、机械工业信息研究院院长、机械工业出版社社长

委　员　（按姓氏笔画排序）

石　勇　机械工业信息研究院副院长

冯金尧　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会会长

邢　敏　中国内燃机工业协会常务副会长兼秘书长

刘庆宾　重庆材料研究院有限公司董事长兼总经理、中国仪器仪表行业协会仪表功能材料分会理事长

孙容磊　华中科技大学教授、中国人工智能学会智能制造专业委员会秘书长

吴正元　中国塑协专家委员会委员、南京聚隆科技股份有限公司、南京聚锋新材料有限公司名誉董事长

张建成　兰州长城电工股份有限公司副总经理、总工程师

陆大明　中国机械工程学会物流工程分会理事长、北京起重运输机械设计研究院名誉院长

武兵书　中国模具工业协会常务副会长兼秘书长

赵志明　中国石油和石油化工设备工业协会首席顾问

徐东华　国资委机械工业经济管理研究院院长、国务院发展研究中心研究员

郭　锐　机械工业信息研究院副院长、机械工业出版社总编辑

蒋善武　天安电气集团有限公司总裁

景晓波　工业和信息化部运行监测协调局副巡视员

谢三明　工业和信息化部运行监测协调局监测预测处处长

樊高定　中国制冷空调工业协会常务副理事长

瞿金平　华南理工大学教授、中国工程院院士

《中国战略性新兴产业研究与发展·塑木复合材料》

执行编委会

主　　编　吴正元

副 主 编　黄　锐　马占锋

撰 稿 人　杨英昌　高绮芳　李凯夫

顾文彪　杜宁宁　陈　波

《中国战略性新兴产业研究与发展》

编委会办公室

主　　任　石　勇（兼）

副 主 任　李卫玲

成　　员　刘世博　任智惠　董　蕾　李　晶

序言

全球金融危机和经济衰退发生以来，美欧日俄等各国为应对危机、复苏经济、抢占未来发展的先机和制高点，都在重新审视发展战略，不断加快推进“再工业化”，培育发展以新能源、节能环保低碳、生物医药、新材料与高端制造、新一代信息网络、智能电网、海洋空天等技术为支撑的战略性新兴产业，在全球范围内构建以战略性新兴产业为主导的新产业体系。力图通过新一轮的技术革命引领，重新回归实体经济，创造新的经济增长点。这已成为很多国家摆脱危机、实现增长、提升综合国力的根本出路。可以预计，未来的二三十年将是世界大创新、大变革、大调整的历史时期，人类将进入一个以绿色、智能、可持续发展为特征的知识文明时代。那些更多掌握绿色、智能技术，主导战略性新兴产业发展方向的国家和民族将在未来全球竞争合作中占据主导地位，赢得全球竞争合作，共享持续繁荣进程中的主动权和优势地位。

为应对金融危机和全球性经济衰退以及日趋强化的能源、资源和生态环境约束，以实现中国经济社会的科学发展、和谐发展、持续发展，党中央、国务院提出加快调整产业结构、转变经济发展方式，加快培育和促进战略性新兴产业发展的方针，出台了《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》以及相关政策举措。可以肯定，未来 5 ～ 10 年将是我国结构调整与改革创新发展的一个新的战略机遇期，将通过继续深化改革，扩大开放，提升自主创新能力，建设创新型国家，实现我国科技、产业、经济由大变强的历史性跨越，我国经济社会发展将走出一条依靠创新驱动，绿色智能，科学发展、和谐发展、持续发展之路，实现中华民族的伟大复兴。

展望未来，高端装备制造、新能源汽车、节能环保、新一代信息技术、生物医药、新能源、新材料、绿色运载工具、海洋空天、公共安全等全球战略性新兴产业将形成十数万亿美元规模的宏大产业，成为发展速度最快，采用高新技术最为密集，最具持续增长潜力的产业群落。战略性

新兴产业的发展需求也将拉动技术的创新突破和产业的结构调整，为包括我国在内的全球经济发展注入新的强大动力。

在世界各国高度重视培育和发展战略性新兴产业的新形势下，编著一套《中国战略性新兴产业研究与发展》图书，借鉴国外相关产业发展的成功经验，对行业发展思路、发展目标、发展战略、发展重点、投资方向、政策建议等方面进行全面、系统研究，凝聚对战略性新兴产业内涵和发展重点的认识，为国家战略性新兴产业发展规划的顺利实施，以及政府和有关部门制定促进战略性新兴产业发展的相关政策和法规提供参考，具有十分重要的现实意义。

《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书对相应产业的阐述、分析均注重强调战略性新兴产业的六个主要特点：

一是**绿色**。战略性新兴产业属于能耗低、排放少、零部件可再生循环的“环保型”“绿色型”产业，无论从产品的设计、制造、使用，还是回收、再利用等整个生命周期的各个环节，对资源的利用效率与对环境的承载压力均要求达到最理想水平。

二是**智能**。新型工业化要求坚持以信息化带动工业化、以工业化促进信息化，即要实现“两化融合”。而“两化融合”决定了智能是未来产业尤其是战略性新兴产业的发展方向。所谓智能，是指制造过程的智能化、产品本身的智能化、服务方式的智能化。这些均是智能的最基本层次，它还具有其他更为丰富的内涵。如：智能电网，通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用，可实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和系统安全等方面的智能；智能汽车不只是安全智能，还包括节能、减排、故障预警等方面的智能。

三是**全球制造**。随着全球化趋势不断深化，战略性新兴产业的发展成果也必将是由全人类共创共享。新产品的研制开发，不再由一个企业独自完成，需要集成各方面优势资源共同解决。例如 iPhone 在中国完成装配，但它的设计、研发以及许多零部件的供应都是在美国、日本、欧洲等国实现的，其本身就是一个全球化的产品。因而，未来的制造必

然是全球化制造、网络化制造。

四是**满足个性化需求与为更多人分享相结合**。目前中国有 13 亿人口，印度有 12 亿人口，还有巴西、印度尼西亚等新兴国家、发展中国家也都要实现现代化。在全球如此规模庞大的人群中，既存在富裕阶层、高消费阶层，他们的消费需求是个性化、多样化的；又有占比较大的中产阶层、贫困人口，他们的消费需求是基本层次的，但也不能被忽视。两种类型的消费需求必须同时被满足，这不仅是构建和谐社会的需要，而且是构建和谐世界的需要。因此，我国发展战略性新兴产业，应该既要满足中高端个性化的需求，同时又要满足我国与其他发展中国家广大普通消费者的需求。要把个性化的设计、个性化的产品生产，与规模化、工业化的传统生产结合起来，不能完全抛弃传统的规模化生产方式。

五是**可持续**。要使有限的自然资源得以有效、可持续利用，发展利用可再生资源、能源，强调发展再制造、循环经济。无论是原材料使用，还是零部件制造，从研发、设计之初就考虑到了生产中的废料、使用后的遗骸的回收处置，使其能够重新得到循环利用。

六是**增值服务**。培育发展战略性新兴产业需要注意在设计制造过程中与产品售后、使用过程中提供相关增值服务。不应再局限于传统的观念，只注重制造本身，而不注重服务的价值。例如，发展电动汽车产业，必须首先解决好商业模式问题，包括充电桩建设、电池更换、废旧电池回收等服务方面，否则将无法广泛推广。

《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书内容丰富，资料翔实，观点鲜明，立意高远，并力求充分体现出“四性”，即科学性、前瞻性、指导性和基础性。

第一，体现**科学性**。所谓科学性，就是指以科学发展观为指导。科学发展观的核心是以人为本，总体目标是全面、协调、可持续，基本方法是统筹兼顾，符合客观规律。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书既要能够为党中央、国务院提出的加快发展战略性新兴产业的总体战略服务，又不应受到行业、部门的局限，更不能写成规划或某些部门规划的解读材料，而应能够立足于事物客观规律、立足于全局。各分

册编写组同志重视调查、研究，力求对国情、科技、产业及全球相关产业的发展态势有比较准确的把握，努力为我国战略性新兴产业的发展提供一本基于科学基础的好素材。这套图书立足基于我国国情，而不是简单地把发达国家的相关产业信息进行综合、编译，照搬照抄。当然，我国发展战略性新兴产业不能“闭门造车”，而是要坚持开放性，积极参与国际分工合作，充分利用全球优势资源，提高发展的起点和水平。因而，有必要参照国际成功经验与最新发展趋势，但一定要以我国国情和产业特点为根本出发点，加快培育和发展有中国特色的、竞争能力强的战略性新兴产业。

第二，体现**前瞻性**。一是能够前瞻战略性新兴产业的发展，因为这套图书是战略性新兴产业的发展指导书。二是能够前瞻战略性新兴产业技术的发展。为了做好这两个前瞻，必须要适当地前瞻全球经济、我国经济与战略性新兴产业发展的趋势。只讲发展现状是不够的，因为关于现状的资料很多，通过简单地网络搜索即可查到；也不能只罗列国外的某些规划和发展战略。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书的编写注重有深度的科学分析与前瞻性的研究。

第三，体现**指导性**。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书本身就是指导书，能够对产业、对技术、对国家制定政策，甚至在未来国家发展战略与规划的制定等方面发挥一定的引导作用与影响。虽然不能说这套图书可以指导国家战略与规划的制定，但是应该努力发挥其积极的引导作用。

第四，体现**基础性**。所谓基础性，就是指要能够提供战略性新兴产业的基础信息、基础知识，以及我国和有关国家在相关产业发展方面的基本战略，主要的法规、政策和举措，并尽可能提供一些基本的技术路线图。比如在轴承分册，就描述了一个轴承产业发展的路线图。唯有如此，《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书才能满足原来立项的宗旨 —— 不仅要为工程技术界、大学教师、大学生与研究生提供学习参考书，为产业界的技术人员、管理人员提供决策参照，而且要为政府部门的政策法规制定者提供参考。

机械工业出版社是具有60年历史的专业性综合型出版机构，改革开放后，随着市场经济的发展，机械工业出版社不断改革转型，不但形成了完善的编辑出版工作流程和质量保证体系，而且编辑人员作风严谨，工作创新。

《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书不仅是一套科技普及书，更是一套产业发展参考书，必须既要介绍国内外战略性新兴产业的发展情况，又要阐述相关政策、法规、扶植措施等内容。因此，这套图书的组编单位、编写负责人和编写工作人员必须要有相关积累和优势。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书所选的分册主编和作者主要是精力充沛的业内中青年专家，并由资深专家负责相应的编审、校审工作。现在看来大多数工作由中青年同志担当，是完全符合实际的。此外，这套图书的编著还充分发挥了有关科研院所、行业学会和协会的作用，他们的优势在于对行业比较熟悉，并掌握了较为丰富的资料。

最后，特别感谢国家出版基金对《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书的大力支持！感谢全体编写出版人员的辛勤劳动！

期望《中国战略性新兴产业研究与发展》为社会各界了解战略性新兴产业提供帮助，期待中国战略性新兴产业培育和发展尽快取得重大突破，祝愿我国在不久的将来实现由经济大国向经济强国的历史性跨越！

是为序。

2012年2月6日于北京

前言

全球正面临环境污染和生态环境恶化的严重威胁，森林和草原等生态系统退化，绿色植被遭到破坏、气候变暖、冰川消融等这些严重问题亟待解决。加强推广具有多重环境保护和资源综合利用功能的塑木复合材料（WPC），正是解决这些问题的有力措施之一。

塑木复合材料是可以用锯末、木屑、竹屑、稻壳、竹、麻或各种农作物秸秆等低值生物质纤维为主原料，并与回收塑料制成的一种复合材料。产品完全符合国家的产业政策和节能环保、低碳经济的要求，其生产技术是塑料改性高科技技术中的一项创新，并列入了《中国资源综合利用技术政策大纲》。

在国家政策支持下，经过生产企业及产业链相关企业、高等院校及科研院所、使用部门等密切合作和共同努力，我国塑木复合材料产业在 21 世纪初逐步形成，于 2005 年前后进入高速发展的阶段，成为我国战略性新兴产业之一。至今我国塑木复合材料的产能、产量和出口量皆居世界首位。产品在国内逐步被消费者认识和接受，并在北京奥林匹克运动会、上海世界博览会、广州亚洲运动会、故宫保护性修缮和西安大明宫遗址公园等重大建设工程和全国各地的多处室外工程及园林景观方面广泛应用，并进入了房屋建筑、室内外家具、市政建设、物流、玩具、日用品、灯具及 3D 打印等领域。

我国塑木工业的高速发展也引起了世界的关注，许多国家纷纷来华采购，目前产品已出口到欧洲、美洲、日本、澳大利亚、俄罗斯等 50 多个国家和地区，我国已在世界塑木复合材料产业的发展中起到举足轻重的作用。

本书的第 1 章介绍了塑木复合材料的基本概念、生产技术、产品应用和产业结构概况，并讨论了发展塑木复合材料产业的意义；第 2 章介绍了国外的北美、欧洲、日本、东南亚、俄罗斯等国家和地区塑

木复合材料产业的发展概况；第 3 章阐述了我国塑木复合材料产业的发展历史和现状，并分析了产业在高速发展过程中存在的一些主要问题；第 4 章从产能、产量、技术与研发水平、原材料的采用、成型工艺、产业链、应用领域和市场等方面情况与国外发达国家进行比较；第 5 章按照国务院《中国制造 2025》的战略部署和“十三五”规划的精神，对产业的发展进行了分析探讨，提出了相关的措施，并对产业近期发展目标及增长速度进行了预测。

塑木复合材料具有保护生态环境、促进资源综合利用和循环利用等的特性，是一种极具发展前途的新材料，产品使用范围广，具有广阔的市场前景、良好的经济效益和重大的社会效益，已引起世界各国的高度重视。我国大力发展塑木复合材料，既符合保护生态环境和发展循环经济宗旨，也符合国家经济形势发展需要。随着技术和市场开拓的不断推进，世界塑木工业必将继续蓬勃发展。在国民经济快速发展的环境下，经过业内各方的努力，我国塑木工业必将快速进步和发展，从塑木大国向塑木强国方向迈进。

本书在写作过程中得到中国塑料加工工业协会塑木复合材料专业委员会和中国循环经济协会木塑复合材料专业委员会的支持，谨此表示感谢。

2016 年 11 月

编写说明

《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》确定了我国未来经济社会发展的战略重点和方向是战略性新兴产业，并且根据我国国情和科技、产业基础，又制定出现阶段重点发展节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车七大新兴产业。可见，未来几年七大战略性新兴产业将是国家重点支持、大力推广的产业。

为了使大家全面理解、准确把握、深刻领会国家这一战略决定的精神实质，了解其发展内涵，推动产业结构升级和经济发展方式转变，增强国际竞争优势，抢占新一轮经济和科技制高点，机械工业出版社在国家出版基金的支持下，组织各领域权威专家编写了一套《中国战略性新兴产业研究与发展》（以下简称《研究与发展》）图书。

《研究与发展》以国家相关发展政策和规划为基础，借鉴国外相关产业发展的成功经验，对产业发展思路、发展目标、发展战略、发展重点、投资方向、政策建议等方面进行了全面、系统的研究；对前瞻性、基础性和目前产业上有瓶颈限制的问题提出了有针对性的对策。

《研究与发展》采用分期分批的出版方式陆续出版发行，第一期12个分册图书已于2013年底完成出版，包括：太阳能、风能、生物质能、智能电网、新能源汽车、轨道交通、工程机械、水电设备、农业机械、数控机床、轴承和齿轮。本次出版第二期13个分册图书，包括：功能材料、物流仓储装备、紧固件、模具、内燃机、塑料机械、塑木复合材料、物联网、制冷空调、智能制造装备、非常规油气、中压开关和工业网络信息安全。今后根据国家产业政策要求及各行业的发展情况还将陆续推出其他分册。

为了出版好《研究与发展》，机械工业出版社成立了《中国战略性新兴产业研究与发展》编委会，全国人大常委会原副委员长路甬祥

担任编委会主任。路甬祥副委员长对该套图书的编写高度重视，亲自参加编委研讨会，多次提出重要指导意见。他从图书的定位、内容选材、作者队伍建设和运作流程等方面都给予了全面和具体的指导，并提出了“六个特点”和“四性”的具体要求。对每个分册的内容重点提出了具体的建议要求。

机械工业出版社还建立了完善的项目管理、编写组织、出版规范和网络支撑四个方面的工作体系来保证图书质量。各组编单位投入了大量的精力组织行业权威专家规划内容结构、研讨内容特色；参与图书编写的主创人员也不计报酬，自觉自愿地把自己的聪明才智和研究成果奉献给社会，奉献给国家。他们都担负着繁重的科研、教学、行业管理或生产任务，为了使此书能够早日与大家见面，他们不辞辛苦、加班加点。因为他们都有一个共同心愿——帮助企业快速成长，使中国由大变强。

在此，衷心地感谢为此项工作付出大量心血的组编单位、各位专家、各位撰稿人、编辑出版及工作人员！

尽管我们做了大量工作，付出了巨大努力，但仍难免有疏漏或错误之处，敬请读者批评指正！

《中国战略性新兴产业研究与发展》编辑部

2016 年 11 月

第 1 章

塑木复合材料产业概论

1.1 塑木复合材料的基本概念

塑木复合材料（wood-plastics composites, 缩写为 WPC）是木质或其他生物质纤维材料（包括木屑、刨花、竹屑、麦秸、谷糠、椰壳、麻、甘蔗渣和花生壳等）与热塑性塑料复合而成的新材料，也就是用木纤维或其他生物质纤维填充、增强改性的热塑性复合材料。

塑木复合材料发展初期主要采用木粉，随着科技的发展，其他生物质纤维也因地制宜被选用，所谓塑木复合材料（WPC），仅是发展沿袭下来的习惯称谓。到目前为止，木质纤维仍是主要采用的品种，其他生物质纤维的应用正在不断开发，鉴于上述情况，用“木质纤维 / 生物质纤维”来表述概念中的“木（wood）”较能反映实际情况。

WPC 中的塑料在复合材料中呈连续相，习惯称为基料。最早是采用热固性塑料酚醛树脂，后来由于热塑性塑料的快速发展，而且又具有能回收使用和更好加工性等特点逐步替代了热固性塑料。目前应用最广泛的是聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚氯乙烯（PVC）、聚苯乙烯（PS）、ABS 等，包括新料、回收料及两者混合料。热塑性塑料加入生物质纤维的增强剂再配以各种助剂，经过混炼，制成塑木复合材料半成品，然后经挤出、注射或压制成型等塑料加工方法，制成型材、板材、片材、异型材及各种注塑件、压制件等。这类制品兼有木材和塑料的性能优点，广泛应用在木材和塑料等应用领域，并得到了快速发展。

1.1.1 塑木复合材料的定义

美国、欧洲和中国在标准中对 WPC 定义的表述略有差异。

在美国 ASTM D7031 和 D7032 标准中，WPC 定义为：“a composite made primarily from wood-or cellulose-based materials and plastic（s）”。直译为“是一种由木材或者纤维素为基础材料与塑料（也可是多种塑料）为主料制成的复合材料”。在美国 ASTM 标准的定义中表述了以木质纤维为基础原料的意思，似可被理解为塑料化的木材。

在新的欧盟塑木标准 EN 15534—1：2014 （E） 定义为“wood-polymer composite WPC or natural fibre composite NFC material or product made thereof being the result of the combination of one or several cellulose-based material（s） with one or

several thermoplastics, intended to be or being processed through plastic processing techniques”。直译为“木－聚合物复合材料（WPC）或天然纤维复合材料（NFC）其材料或产品，是由一种或多种纤维素基材料，与一种或多种热塑性塑料，通过塑料加工技术制成的”。而在引言（Introduction）中指出：“WPC materials may be considered neither as filled plastics nor as a special kind of wood. They should be considered as different materials having their own characteristics”。即“WPC 材料既不应该被视为填充塑料，也不应该被视为一种特殊的木材。它们应该被视作为一种有着自身特点、不同于二者的新材料”。这个概念可能与美国 ASTM 的标准略有差异。另外，2014 年新的欧洲标准中把 WPC 中的“P”解释为聚合物“polymer”，这与 2007 年的试行标准 CEN/TS 15534-1 中的 “thermoplastics”有所不同，因为聚合物中还包括热固性塑料。然而在定义中仍为热塑性塑料，这可能因为现在欧洲木粉与热固性塑料酚醛树脂的复合材料有的仍在汽车工业中应用，因此有专家建议将热固性塑料也归入塑木复合材料之中。

我国在制定国家标准时，根据我国生产工艺的特点，明确了是采用“经配混后”的塑料加工技术加工而成。因此在 GB/T 29418 和 GB/T 29419 中定义为：“由木质或其他纤维素基材料和热塑性塑料，经配混后成型加工制成的复合材料，又称木塑复合材料（简称‘塑木’又称‘木塑’）”。

在国际标准 ISO 16616-2014《天然纤维增强塑料复合材料铺板测试方法》中，对“NFC”（natural fibre composite）定义为“是由一种或几种纤维素材料与一种或几种热塑性塑料复合制成的产品。”有此可见，前述几个国家对 WPC 的定义是大同小异，而国际标准的定义是包含了 WPC，其界定的范围有所扩大，这可能是为塑木产品的发展留下空间。

1.1.2 塑木复合材料的特点

1. 塑木复合材料的主要特征

（1）原料资源丰富。基料可利用回收塑料，改性增强剂可利用工农业的废弃物，如锯末、刨花、木材边角料、稻壳、秸秆、竹子和椰壳等，资源极为丰富，各种回收材料的使用可占原材料的 90% 以上，符合资源综合利用和发展循环经济的要求。

（2）制品品种多样。塑木制品可以用各种塑料成型加工的方法制成，主要用挤出成型、注射成型、压制成型和片材热压成型等方法制成各种不同类型的产品。

（3）使用安全环保。使用时无甲醛等有害物质的释放，而且还不需要油漆，可避免油漆污染环境，与环境友好。

（4）产品性价比高。由于原材料的组分可以是回收料和废弃物，因此生产成本低，产品性价比高。

（5）资源循环利用。产品使用报废后，还可以回收再加工利用，不会造成环境的污染。

2. 塑木复合材料主要优缺点

（1）与木材相比。

1）可加工成与木材相似的外观，而无木材的节疤、木刺和斜纹，比一般木材尺寸稳定性好，在正常使用情况下不易产生裂纹、翘曲。

2）具有优良的物理化学特性，比木材耐腐蚀、耐虫蛀、耐老化，比木材吸水率低，不易产生吸湿变形，因此防水性能比木材好，并容易清洗。

3）制品能回收再利用，也可生物降解，对环境友好。

4）可根据需要的功能加入抗菌剂、防霉剂、抗氧化剂和发泡剂等助剂，使制品提高相应的抗菌防霉、抗藻、防褪色和减轻重量等功效。

5）具有塑料的成型加工性，易制成各种形状复杂的制品，尤其适合于批量生产。

6）可以通过表面层的共挤，提高表面硬度、耐磨、抗紫外线辐照等各种性能。

7）加入着色剂，采用覆膜或转印等方法可制成色彩绚丽的各种制品。

8）使用寿命比普通木材长，维护成本低。

（2）与塑料相比

1）具有类似木材的二次加工性，可以锯、刨、粘接，可以用钉子或螺钉固定，容易维修。

2）原料来源广，制品成本低于同类塑料制品。

3）类似天然木质的外观和手感。

4）表面硬度比塑料高。

塑木复合材料的缺点是：韧性低于母体塑料，弯曲强度低于硬木，蠕变性能比木材差，线性热膨胀系数比木材大等。但这些缺点只要在工程设计过程中予以关注，进行认真处理，一般不会影响正常应用。

由于塑木复合材料产品的原料大部分是工农业的废弃物，有利于环境保护，而产品又能替代木材和塑料，可以节省大量木材和石油资源，实现资源综合利用，

产品报废后还可以回收利用，与环境友好，而且可促进循环经济的发展，推动和加速了塑木复合材料的研究和应用开发。为进一步提高塑木复合材料的性能，把传统的塑木复合材料挤出型材，在表面共挤一层性能优异的表层的共挤技术已经成熟，促进了产品的更新换代。塑木复合材料的注射成型制品，近几年已成为研发的热点，新的应用领域不断扩大，塑木复合材料制品正在向多元化、高端化阔步迈进，塑木复合材料产业已经成为我国战略性新兴产业，引起了政府的重视，政府为发展塑木复合材料产业提供了金融、财政、税收等方面的优惠政策。

1.1.3 塑木复合材料的性能与测试

在我国塑木复合材料国家标准 GB/T 29418—2012《塑木复合材料产品物理力学性能测试》中，提供了弯曲、压缩、剪切、蠕变恢复、握钉力、落锤冲击、密度、含水率抗滑值、耐磨性、线性热膨胀系数、吸水性、吸水厚度膨胀及耐冻融性及 GB/T 29365—2012《塑木复合材料人工气候老化试验方法》中的光老化等 15 项性能测试方法。对于塑木复合材料生产中使用的木质纤维和塑料基材的品种或配比不同，都会对制品的性能形成一定的差异。现将几种主要性能和测试简单介绍如下：

1. 弯曲性能

目前，WPC 制品大量用作铺板，尤其是应用于室外地板。但塑木复合材料的抗弯强度和弹性模量都低于天然木材，而地板使用时主要承受弯曲载荷，因此不能按照使用木材的习惯设计龙骨跨距，需要通过测试及计算进行设计。

我国国家标准与美国 ASTM 的标准一样，采用 4 点弯曲试验方法，试验跨距规定为 16 倍试样厚度。但有的国家采用 3 点弯曲试验方法，其测试结果会有差异，需要引起注意。两种不同弯曲试验方法示意图见图 1-1 所示。

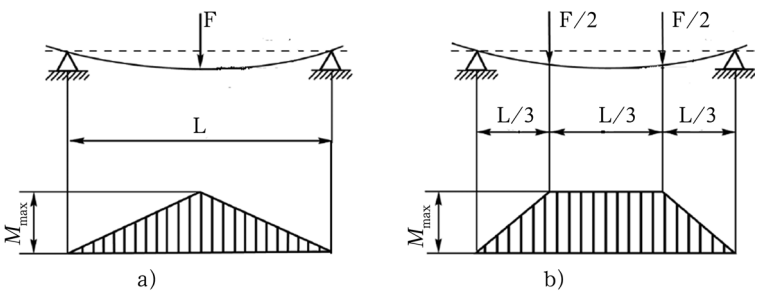


图 1-1 两种不同弯曲试验方法示意图

a）三点弯曲试验　b）四点弯曲试验

对于常用的 PE、PP 及 PVC 三种塑料基材，在木粉含量相同的情况下，PVC 具有较高的弯曲弹性模量。

2. 耐老化性能

大部分在室外应用的塑木复合材料制品，会遇到紫外线的辐照和风吹雨淋，随着时间推移，都会产生强度下降和褪色的情况，埋入地下和与地面接触的塑木复合材料制品有被真菌或白蚁侵蚀的现象。耐老化性能的优劣对塑木复合材料的快速发展和扩大应用领域具有至关重要的作用。

塑木复合材料的老化过程主要有热老化、气候环境老化及生物降解。其中气候环境因素包括太阳辐射、氧、温度、水和空气污染等，多种因素的结合会对老化过程产生交互作用。例如温度上升会加速紫外线辐射下的老化；有的颜料结合少量湿气后，也能成为有效的光老化剂。不但使塑木复合材料力学性能下降，还会出现表面褪色或变色。

目前对耐老化性能的测试，主要是采用人工气候老化试验方法，将样品置于试验箱中，模拟和强化自然环境中的光、热、空气、温度、湿度和降雨等因素，测定试样发生的加速破坏程度。一般是考察弯曲强度和色差的变化。光源采用紫外线灯或氙灯。具体试验方法应按 GB/T 29365—2012《塑木复合材料人工气候老化试验方法》的规定进行。

下表所示是 50% 木粉填充 HDPE 复合材料经加速老化后弯曲强度与弹性模量下降的幅度，仅供参考。

表　50% 木粉填充 HDPE 复合材料经加速老化后力学性能下降的幅度

（单位：%）

加工方法	弹性模量			弯曲强度		
	1 000h	2 000h	3 000h	1 000h	2 000h	3 000h
注射成型	19	33	43	12	18	32
挤出成型	40	53	52	22	35	34

3. 蠕变性能

蠕变指的是材料在恒载下（外界载荷不变）的情况下，变形程度随时间增加的现象。蠕变反映的是材料在载荷下的流变性质，即受载后的流动；对于塑料和其他高分子材料而言，反映了其内在的粘弹性。蠕变性还反映了塑料在温度变化情况下，自身性能的稳定情况。

对于架空承重或只承受自重的塑木型材（包括铺板、搁板、上梁等），材料的蠕变行为必须加以重视，有研究表明，对 PVC、PP 和 PE 基的塑木复合材料，蠕变与载荷大小、负荷时间和环境温度都有密切关系。对比这几种复合材料，PVC 基的抗蠕变性能相对较好，PE 基最差。在美国 ASTM D 7031《塑木复合材料产品物理力学性能测试的标准导则》中，推荐了蠕变性能测试方法，一种是“蠕变恢复”试验，另一种是“蠕变破坏”试验，即按照弯曲试验的要求对试样施加载荷，直至达到与最终用途相应的弯曲应力。施载之前，应使试样与试验环境的温度平衡，例如 68 ℉ ±4 ℉（20℃ ±2℃），在整个试验过程中保持恒定。载荷至少要维持 90 天，其间要有规律地测量形变，最后绘制蠕变曲线。由于这种方法要求试验时间很长，一般情况下对使用者来说很难接受，因此，在我国的国家标准 GB/T 29418《塑木复合材料产品物理力学性能测试》中，仅推荐采用“蠕变恢复”试验，即先测量试样加载前的跨距中点形变 d_0；按照弯曲试验的规定对试样施加设定载荷，保持 24h 后，测量中点形变 d_1，并卸去载荷；再测量卸载 24h 后中点形变 d_2。设定载荷是根据产品最终用途确定。

试样的蠕变恢复率按下述公式计算：

$$D=\frac{d_1-d_2}{d_1-d_0}\times 100$$

式中 D —— 蠕变恢复率，%；

d_0 —— 试样在加载前的中点形变，单位为毫米（mm）；

d_1 —— 试样在加载 24h 时的中点形变， 单位为毫米（mm）；

d_2 —— 试样在卸载 24h 时的中点形变，单位为毫米（mm）。

试样蠕变恢复率是三个试样的蠕变恢复率的平均值，精确至 1%。

4. 耐冻融性能

塑木复合材料在使用过程中经历反复的冷冻－融化，这对材料性能也是一个严峻的考验。试验证明，对于木粉含量低的塑木复合材料，经浸泡、冻融循环后的弯曲强度变化不大。这是因为木粉组分所占比例小则塑料包覆效果好、吸湿量小。在研究过程中采用不同规格的型材，经冻循环处理后，力学强度变化往往表现出不同的变化规律，尺寸较大的试样尽管在表面受到水分侵蚀，但对深层次的破坏极其缓慢，表现出力学性能的稳定性。而尺寸小的试样在测试过程中被浸透、冻透，整体材料受到侵蚀，界面结合遭到破坏，力学性能呈现下降趋势。因此在测试时，试样的截取必须保持原截面的完整。

在国家标准 GB/T 29418《塑木复合材料产品物理力学性能测试》4.8 中，规定了统一的试验方法。先在室温下进行弯曲试验，测取弯曲破坏载荷，然后将试样完全浸于室温水中 24h，取出后去除表面水分，再把试样放在温度为 -30℃ ±1℃的冷冻装置中 24h，冷冻后取出，将试样放入室温环境中 24 h，重复以上过程三次后，测量试样的弯曲破坏载荷。

材料的耐冻融性能是通过测定试样经过浸泡和低温后弯曲强度的保留率，确定试样抵抗冻融的能力。

试样的弯曲破坏载荷保留率按下述公式计算，精确至 1%。

$$B = (F_2 / F_1) \times 100$$

式中 B —— 弯曲破坏载荷保留率，（%）；

F_2 —— 试样在试验后的弯曲破坏载荷，单位为牛（N）；

F_1 —— 试样在试验前的弯曲破坏载荷，单位为牛（N）。

5. 线性热膨胀系数

塑木复合材料的线性热膨胀系数对于原料的不同材质，塑料与木粉之间的不同配比，其量值是不相同的。尤其在长度方向上的线性热膨胀系数往往大于木材很多，因此必须引起设计者的注意。要根据施工时的温度和当地的最高或最低的历史温度，根据制件的线性热膨胀系数进行计算，确定预留伸缩缝的尺寸，否则会造成工程的破坏。

线性热膨胀系数的测定方法详见国家标准 GB/T 29418《塑木复合材料产品物理力学性能测试》中的附录 F。

1.1.4 塑木复合材料的发展简史

塑木复合材料的发展历程可分为三个阶段：萌芽期、起步期和发展期。

1. 萌芽期

20 世纪早期到 20 世纪 70 年代末。早在 1907 年，LeoH Bend 博士就利用热固性酚醛树脂和木粉复合制取塑木复合材料。对于植物纤维与合成树脂的研究，最初主要是将木纤维以粉状的形式加到热固性塑料中。由于高分子科学的发展水平与技术条件的限制，应用的纤维主要是长度较大的韧皮类纤维，如亚麻、黄麻等，树脂也多是热固性塑料，如酚醛树脂、不饱和聚酯树脂等，工艺也较为简单。其中最为成功的应用是木浆纤维增强酚醛树脂注射成型，并且在 1970 年得到了商业化的产品。

1907 年，贝克莱（Baekeland）对酚醛树脂进行系统、深入研究后，发现在

酸催化合成的酚醛树脂中加入木粉或某些填料组成的混合物料可以克服酚醛树脂脆性大的缺点，并研究了加入六次甲基四胺（优洛托品）固化剂后，加热、加压下的模压固化成型，获得了真正意义上的世界第一种合成塑料——酚醛塑料，并广泛用作电灯头、电器开关等。由于受到科学发展水平和技术条件的限制，除木粉外，最早的纤维主要是尺寸较长的韧皮类纤维，如亚麻、黄麻等，被填充的树脂基体多为热固性树脂，如酚醛树脂和脲醛、三聚氰胺甲醛等树脂，其产品有飞边、毛刺等缺点，以后则采用树脂与棉布、玻璃布等复合，即得到了性能优良的材料，用于制作齿轮、绝缘板等。

1910 年，贝克莱申请酚醛树脂加压、加热固化的专利后，成立了巴克兰（Bakelite）公司，是世界上第一家生产酚醛树脂和酚醛树脂与木粉及固化剂构成的模塑料的企业，同时也是世界上第一家生产合成高分子化合物的企业。

1914 年，日本引进巴克兰技术，在东京开始生产酚醛树脂，首开亚洲之先河。

1916 年，劳斯莱斯公司将 WPC（酚醛树脂产品）用作变速排挡的手柄，是该技术的第一个工业产品。但由于木粉和塑料之间的相容性差，该技术并没有得到推广。

1923 年美国投产苯酚糠醛模塑粉；1924 年英国氰氨公司研制成功脲醛树脂，1928 年始出售产品，脲醛树脂与填料（纸浆、木粉）、色料、润滑剂、固化剂、稳定剂和增塑剂等组分混合，再经过干燥、粉碎、球磨、过筛，即得脲醛压塑粉；1930 年酚醛泡沫塑料在美国投产；1939 年美国氰氨公司开始生产三聚氰胺－甲醛树脂的模塑粉和层压制品；1945 年高邻位酚醛树脂及其快速成型模压粉在美国工业化生产； 1946 年美国投产丁腈橡胶改性酚醛树脂及其模塑粉；1949 年苯胺改性酚醛模塑粉的商品面市；1952 年前苏联首先有尼龙改性酚醛模塑粉商品；1961 年英国和德国推出三聚氰胺改性酚醛树脂及其模塑粉。

1963 年，Bridgeford 发明了一种催化反应系统，改善了木纤维和塑料之间的相容性。1964 年，塑木复合材料被誉为当年的世界十大科学成就之一。1965 年，在纽约举行的专题讨论会上，美国的耶尔发表了在单体中引入化学引发剂，用催化加热法制造塑木复合材料的论文。

由于木粉与热塑性塑料的分子极性有很大的差异，因此界面相容性差，当木粉比例过大时，所得复合材料的性能较差，因此改善材料的界面相容性一直是后续研究的主要内容之一。木材－热塑性塑料复合材料的商业应用始于 20 世纪 50 年代中期，到 20 世纪 70 年代，塑木复合材料作为一种现代概念在意大利重新兴起。

1973 年，SonnessonPlast AB 公司销售了商品名为 Sonwood 的 PVC- 木粉复合材料，它是由木粉和 PVC 复合制成片状，然后挤出成型。1977 年，欧洲瑞典开始挤出木纤维填充的热塑性塑料，但当时木材仅占 30%。

2. 起步期

20 世纪 80 年代。这一阶段，人们开始对热塑性塑料和植物纤维复合材料进行研究。这一方面尤以欧美、印度和日本等国家和地区最为活跃，许多科学工作者对聚丙烯（Polypropylene，PP）和木纤维复合材料做了大量的研究，尝试使用偶联剂、分散剂等方法来改善聚丙烯对木纤维的相容性，取得了较好的实验效果，并开始对不同植物纤维增强热塑性塑料进行试验。许多国家开始将植物纤维 / 热塑性塑料复合材料从试验室发展为商品，在德国出现了 45% 植物纤维增强的聚丙烯板制造的汽车制件、用木纤维增强的减震压延片等产品。日本阿特隆公司于 1980 年将木材与废旧塑料复合的材料申请了专利并在世界推广。1983 年，美国 Woodstock 公司采用意大利的挤压注塑技术开始生产汽车内衬件，将 PP 与 50% 左右的木粉混合，挤压成一张平板，再加工成各种形状的汽车内衬板。塑木复合材料的优异性能以及传统的塑料生产加工方法，使得 Woodstockd 产品具有价格低廉、强度好、硬度高等特点，至今仍被美国、欧洲、日本等国的多家汽车公司广泛使用。1985 年，塑木复合材料开始少量用于吸音制品。在这一阶段，研究的主要方向是植物纤维对塑料的增强作用，并取得了较大发展，但仍没有把纤维素的潜在优势发挥出来，而且多数工作只是在试验室阶段，在实用性和商品化方面还没有很广泛的发展。

进入 20 世纪 80 年代以后，WPC 逐渐成为研究开发的热点。从 20 世纪 90 年代开始，WPC 进入快速发展时期，并开始研究使用回收塑料获得成功，于是在美国和加拿大等国家和地区迅速流行起来，估计有超过 55 家企业生产 WPC，发展速度超过同期塑料工业的总体增长率。

我国 20 世纪 50 年代末，随着热塑性塑料工业的起步，受酚醛树脂与木粉复合材料制品的启发，中国的科技人员也已经开始了对塑木复合材料的研究，取得了不少成果，并做成了一些制品。

3. 发展期

20 世纪 90 年代初到现在。在这一阶段，塑木复合材料受到发达国家的加倍关注，被列为重要的研究开发领域。1990 年开始，美国建筑工业寻找木材的替代材料，韩国和日本的工业部门寻求锯木粉、废木屑等的应用，这些都推动和加

速了木塑复合材料的研究和应用开发。美国国家森林试验室、美国农业部林产品研究所、威斯康星－麦迪逊大学、密歇根技术大学木材研究所、加拿大多伦多大学、英国威尔士大学生物复合材料中心、日本京都大学木质科学研究所、瑞典卡米技术大学、法国爱沙罗公司和美国惠好公司等，从理论到实用技术的研究都取得了较大进展。1991 年，在美国威斯康星州召开了有关木纤维－塑料复合材料的第一次国际会议，把塑料工业界和林产工业界的研究人员和行业代表集中到一起，共享塑木复合材料领域的思路和技术。这是塑木复合材料的一个重要转折点，标志着塑木复合材料即将形成一个生气勃勃的行业，进入快速发展阶段。同期，塑木复合材料开始作为商品在市场上得到较大规模的推广。1990 年初，美国的 Trex 公司开始生产实体塑木复合材料，由 50% 左右木纤维与聚乙烯（Polyethylene，PE）组成，以铺盖板、园林风景用木、工厂地板材料出售。美国的 Strander 公司推出了将木纤维含量高的物料直接挤压成最后形状的专利技术，不需要进一步铣削或其他成型加工。

1993 年，美国的 Anderson 公司开始生产木粉增强的法式门底槛，并能使用回收的木材废料和塑料加工废料生产。1996 年，出现了用木纤维或其他天然纤维与塑料混合生产颗粒型原料出售的公司。这一阶段，塑木复合材料行业做了大量工作，技术得到快速发展。

20 世纪末，北美的 WPC 生产技术扩散到中国、欧洲、日本、印度及东南亚等国家和地区。逐步被越来越多消费者认识、接受和渴望拥有。

20 世纪 90 年代，塑木复合材料产品开始进入建材市场。21 世纪，塑木复合材料行业得到了更快、更全面的发展，应用领域也从建材迅速扩大到园林景观、室内外装饰和家具、汽车工业、包装及运输业等领域。不同的应用场合 WPC 产品有不同使用性能的要求，经过研发人员的不懈努力，产品性能也不断提高，促进了应用领域迅速扩大和产品不断更新。但铺板仍是世界各国广泛应用的产品，近几年来，欧洲塑木复合材料产品铺板的应用已经超过原来在汽车工业中的应用。更值得一提的是产品还正在进行更新换代，为使铺板等产品的使用性能克服原来塑木复合材料产品性能不足的地方，研究采用共挤的方法在原来产品的外表面增加一层功能材料，如提高表面硬度、增加防滑性、增强防水和抗紫外线辐照等性能。这种共挤的产品在美国市场已经成为主流产品，日本和欧洲也已开始推广，我国也有部分企业开始生产，有的还出口到国外。

当前，研究重点转向开发具有较好结构性能和更有效设计的高级工程塑木

复合材料，正在开发高性能的热塑性塑料和纸浆纤维复合材料，具有诱人的前景。在改善塑木复合材料结构性能方面采取的措施有：采用其他植物纤维代替木材，玻璃纤维或碳纤维与木纤维混合，加入少量热固性树脂等。发泡技术也在继续研发，不仅可以减轻重量，还可以降低原料成本，而且比未发泡的型材更容易安装紧固件，不过发泡降低了材料的硬度和强度。多层型材也在研发中，即将发泡和未发泡复合材料层与未填充的塑料表层复合在一起，以降低重量和保持性能的平衡。

塑木复合材料还存在一系列的加工难点：塑料和木粉的不同批次造成质量波动的问题；木粉含量和加工工艺直接影响着最终制品的强度；木粉中含有大量水分，容易在制品中起泡，从而降低制品的机械强度；制品的牵引速度必须与挤出速率、熔融温度和压力相匹配；大多数的塑木制品都需着色，这点也是影响工艺的重要因素；由于木粉的密度低，存在流动性差以及颗粒尺寸大小不均等问题，在挤出过程中通常难于喂料；对于塑料最佳类型的评价、木材加入最佳量和密度的控制等关键问题，几乎没有一致的意见。

由于型材日趋复杂，应用领域更广，对助剂在技术上的要求也更多了。由于使用不同的原料和较大量的助剂来降低型材的密度，提高加工性能、产量和产品耐久性，配方变得更加复杂了。能够完成多种功能、避免助剂之间副作用的助剂成套化供应方式正在取得进展。为了塑木复合材料的改善和改进，生产专门研发的助剂，正在用于这一新兴的工业。

由于塑木复合材料越来越多地用于室内，世界上的很多研究集中在它的耐久性和使用寿命上。在美国林产品协会 2001 年召开的会议中，焦点问题是如何提高材料的防虫、防腐、阻燃、抗吸水性、抗紫外光降解和抗蠕变性。设备制造厂正在不断地改进加工工艺，以更好地适应塑木复合材料加工这一特殊挑战。研究人员正在研究原料加工时的流动情况，以及加工形成的最终结构对性能的影响等问题，木纤维的定向和纤维长度或塑料发泡时的蜂窝状或结晶状结构均会大大地影响复合材料的性能。

从 1999 年 5 月到 2015 年 5 月，仅在美国和加拿大就召开了 15 次与塑木复合材料有关的会议，在一般的林产品会议上对塑木复合材料问题也进行了讨论。在木材和其他天然纤维的利用方面，国际上也有很多的文章，特别在《塑料工业贸易》杂志上。塑木复合材料的国际研讨会于 2005 年 10 月在美国马里兰州巴尔的摩召开。

国内外塑木复合材料技术发展主要表现在以下几个方面：

（1）单组分再生料向多组分再生料方向发展，使回收的多组分废旧塑料只需初步清洗，加入特殊增黏剂及相容剂即可进行塑木复合材料产品的挤出。

（2）专用设备的开发，从单螺杆向双螺杆方向发展，由水冷成型挤出向空气冷却成型挤出发展。

（3）木粉份数由低份数（50 份以下）向高份数（70 份以上）发展，甚至 80 份以上的添加份数发展。

（4）完善专用模具和特殊成型技术，木粉的超高添加量使挤出物料流动性差且不易冷却，传统的模具和定型设备将无法满足产品的需要。

（5）产品由单一制品向多用途制品发展。

塑木复合材料总的发展方向是促进产品多样化，开拓更多的应用领域，发展质轻（发泡）、共挤复合结构高性能产品，开发多种成型加工技术，开发不同纤维和多种塑料的复合以及开发可降解的塑木复合材料产品等。未来的发展取决于很多因素，包括新产品的确认、产品质量、消费者的反应、研究和开发的成功与否，以及林产品和塑料工业界人士的合作情况等。

1.1.5 近几年世界塑木复合材料的产量

根据欧洲 nova-Institut2014 年报道，世界塑木复合材料生产量原来是北美遥遥领先，到 2013 年，中国的年产量超过北美，成为世界第一生产大国。2012 年北美的产量是 100 万 t，2015 年产量达到 135 万 t，占世界总产量 38%；而 2012 年中国产量为 90 万 t，根据中国塑协塑木专委会统计，2015 年为 150 万 t，占世界总产量 43%。中国和北美产量之和达到 81%，欧洲、日本等其他国家和地区仅占 19%。世界塑木复合材料总产量见图 1-2。

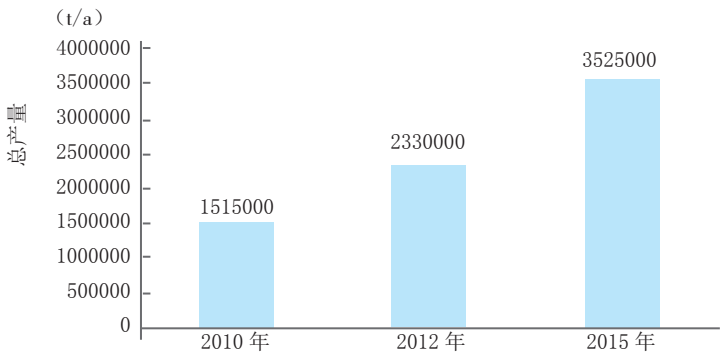


图 1-2 世界塑木复合材料总产量

1.2 塑木复合材料的生产技术

塑木复合材料是以木质或其他生物质纤维和热塑性塑料为原料，按一定的比例加入化学助剂进行造粒或直接通过各种成型设备制成各类制品，有的根据需要还要进行必要的表面装饰等后续加工，最后制成成品。其主要生产过程及技术有关问题分述如下。

1.2.1 塑木复合材料的工艺配方设计

塑木制品的工艺配方可以认为是生产的核心技术，塑木材料的配方与改性塑料配方设计方法相同，主要是指根据试验数据等资料，合理地确定配方设计，是满足产品使用性能、加工性能和成本要求的树脂、木质 / 生物质纤维的种类及其用量等助剂的一项重要工作。一般是在考虑制品的物理力学性能、加工性能和成本三者平衡的前提下进行配方设计的。配方正确、合理与否会直接影响产品的加工工艺和产品质量。

塑木复合材料的配方通常是由热塑性塑料（新料或回收料）、木质 / 生物质纤维和各类助剂组成。首先根据产品的用途和性能要求选择原料和助剂，并根据成型方法和加工设备的不同制订初步配比方案，然后通过多次试验获得多个设计方案后进行评估、筛选，确定各组分的比例，完成配方设计。在加工前按照确定的配方比例把木粉或其他生物质粉剂、塑料和助剂放入高速混合机中进行混合，主要是为了使几种原料和助剂均匀混合，为材料造粒或各种成型加工做好前期准备工作。一般在配方设计过程中，主要关注下述几个方面：

（1）提高生产速度，提升产能。

（2）保证达到产品性能的要求，如规定的物理力学性能、耐腐蚀、抗静电性能和有害物质的含量等。

（3）生产工艺的可靠性和稳定性。

（4）满足产品外观和表面质量。

（5）降低成本等。

1.2.2 塑木复合材料的主要原材料

塑木复合材料的主要原料是热塑性塑料（PE、PP、PVC 等）和木质 / 生物质纤维（木粉及稻壳粉、秸秆粉等），有时会根据情况加入无机填充和增强材料。

1. 热塑性塑料

塑木复合材料的基本原料之一为热塑性塑料，最常用的原料为聚乙烯（PE）。聚乙烯是通用塑料，产量和消费量都很大，因而来源广泛，易于获得。聚乙烯的

抗氧化性、耐候性较好，吸湿度低，耐酸碱。并且聚乙烯熔融温度较低、加工温度区间宽，使得 PE 塑木复合材料在生产时工艺容易控制，加工性较好。同时，较低的加工温度又保证了木质纤维不会发生显著的分解和炭化，有助于产品性能的保持。因此聚乙烯在我国塑木行业中得到了广泛的使用，成为首选的塑料原料。一般在塑木生产中选择弯曲性能、硬度较高的高密度聚乙烯（HDPE）。

另一种常用的热塑性塑料是聚丙烯（PP），其弯曲强度和刚度、抗蠕变性和耐磨性均好于聚乙烯，但聚丙烯的低温脆性和耐候性较差，生产中需要根据使用条件加入不同的助剂，如抗氧剂、光稳定剂、增韧剂等。聚丙烯塑木复合材料的脆性和硬度较高，也会导致加工难度提高，特别是在工程现场很难加工和锯切。

聚氯乙烯（PVC）也是大品种通用塑料，其产量大于聚乙烯和聚丙烯。相比聚乙烯和聚丙烯，聚氯乙烯的弯曲强度和刚度更好，且材料本身具备一定的阻燃性。加入增塑剂后，又可生产软质聚氯乙烯。硬质和软质聚氯乙烯都能较方便地制成不同密度的发泡制品，应用领域更宽，近年来其塑木复合材料的产量有很大的增长。PVC 加工时遇高温易分解，需加入热稳定剂。以往的热稳定剂含铅、镉等重金属，稳定性好，价格便宜，早期得到广泛使用。当前已严格禁止重金属（铅、镉）稳定剂的生产和使用，转而使用不含重金属的复合稳定剂，包括钙锌类、稀土类、复合类和有机锡类。

此外，ABS（丙烯－丁二烯－苯乙烯共聚物）、PET（聚对苯二甲酸乙二酯）、PS（聚苯乙烯）等塑料原料也被用于生产塑木复合材料，但是产量较少。

我国塑木行业大量使用的是再生塑料，纯度不高，HDPE、PP、LDPE 或其他塑料种类混杂，导致生产过程波动、废品增加、产品性能降低，严重的甚至会导致质量事故。因此在测试原料力学性能的同时，在有条件的情况下需要对原料进行 DSC 检测，分析原料的组分纯度，控制塑料原料质量。再生塑料的颜色也要作为原料控制的重点，避免产品出现色差现象。

2. 木质 / 生物质纤维

塑木复合材料的另一种基本原料为木质 / 生物质纤维。在生产中大量使用的是木粉、竹粉和稻壳粉等。

木质纤维的主要组成是木质素、半纤维和纤维素。纤维素对塑木复合材料的力学性能和其他性能有决定性的影响，能使其强度增加、密度增大、热膨胀系数降低等。木质素和半纤维的抽提物（单宁、羟基混合物等）会在加工过程中产生有机挥发物，不利于塑木复合材料的质量。在一些生产高质量的塑木复合材料中常加入脱蜡、脱脂工艺，将木质素和有机物除去。

木质素在高于 150℃时即会分解，纤维素在高于 180℃开始炭化，所以塑木复合材料的加工温度一般不超过 200℃，并尽量缩短其在高温条件下的加工时间。

木粉是木材经过研磨后得到的白色或者淡黄色粉末，一般来自木材、人造板、家具加工行业的副产物，由打磨粉、锯末、边角料经过破碎研磨和筛分得到。人造板、家具中含有一定量的粘合剂，会导致木粉中含有一定量的甲醛和其他挥发性有机化合物，影响塑木复合材料的生产和使用，因此应根据制品使用场合慎重采用。

稻壳粉是在稻谷加工厂中，将稻米分离后得到的稻壳粉碎研磨后得到的黄色粉末，二氧化硅等无机物灰分含量较多，占 14% ～ 20%，而且稻壳粉的微观结构致密，吸水性和含水量较低，易于保存和加工，复合材料强度、耐磨性和抗氧化性也较高，但在生产过程中也会造成设备的严重磨损。

竹粉是我国塑木行业早期普遍采用的一种原料，来源于竹材加工厂的副产物，经破碎和研磨得到。竹粉塑木复合材料也是我国所特有的一种产品，竹粉一般呈金黄色，具有较强的光泽，与塑料复合后制成的制品相比其他木纤维复合材料的硬度高、颜色鲜艳，受到客户的喜爱。竹粉中含有一定的竹酸，对加工设备和模具有一定的腐蚀性。因竹粉含有较多的营养物质，制成塑木复合材料后容易发霉，现在使用竹粉生产塑木复合材料时一般需要添加一定量的防霉剂。

目前，生物质纤维原料的范围已扩展多种植物纤维，如椰壳、麦秸（含稻草）、亚麻屑、棉秆和芦苇等。

上述木质 / 生物质原料基本上都是一年一季或多季收获的植物，虽然具有产量大、种植面广、容易获得和价格低廉等优势，但还必须考虑或解决以下问题：

（1）由于收集有季节性，较长时间贮存较困难，而且还需要很大的堆积贮存场地，因此需要考虑增加贮存成本问题。

（2）虽然各类纤维原料的纤维形态和化学成分与木材基本相似，但还是有一定的差异，可能会对加工工艺和产品性能产生影响，因而需要对原有的工艺配方进行验证或调整。

（3）在其他生物质纤维原料中，如甘蔗渣、玉米秆、向日葵秆等含有大量的非纤维状的髓心，而竹材、芦苇、稻秸、麦秸和棉秆等的外表又含有蜡质或韧性很强的表层，这些物质的存在会对原料处理造成不利的影响。

总之，其他生物质纤维原料用于 WPC 生产，应根据该原料特性在生产工艺、偶联剂选择以及生产设备的配备等方面采取相应技术措施。

在原料配比中，植物纤维可达 60% ～ 70%，这不仅使制品具有了强烈的木

质感，也降低了产品的成本，是受到市场欢迎的重要原因之一。

木质纤维颜色的偏差很容易造成塑木复合材料制品的颜色偏差，同时木质纤维的粒径分布也要引起生产技术人员的注意，过粗的粒径会造成塑木复合材料出现斑点，而粒径过细则会造成材料中的木纤维团聚，在使用中容易发霉。

3．无机填充和增强材料

塑木复合材料中还有一种常见的原料是填充和增强原料，通常为无机填料和一定长径比的玻璃纤维。

无机填料的加入主要用于降低成本和提高复合材料的刚性，降低收缩率、吸水性和热膨胀系数。如果填料细度合适、添加比例和加工方法恰当，也可以提高复合材料的强度。塑木复合材料中无机填料的种类主要是碳酸钙和滑石粉。

玻璃纤维的加入可以提高塑木复合材料的弯曲性能，但是玻璃纤维会妨碍塑木复合材料的回收和加工。现在替代的做法是添加一定长径比的天然纤维作为增强材料，在提高复合材料弯曲性能的同时不会带来其他负面影响。

1.2.3　塑木复合材料的助剂

为使塑料和木质纤维均匀结合并易于加工，同时具有一定的使用特性，塑木复合材料中需加入各类化学助剂。

1. 润滑剂

为了充分利用木质纤维材料来源广泛、可再生、低成本等优点，商业化生产的塑木复合材料尽可能增加其填充量，通常要超过 50%，甚至达到 70% 以上。高木质纤维填充量，加剧了塑木复合材料在挤出加工过程中因熔体流动不稳定和表面缺陷，造成型材挤出速度受到很大限制，甚至加工难以进行。

润滑剂是在塑木复合材料的加工成型过程中，为了减少熔融聚合物分子间摩擦和聚合物熔体与机械内壁摩擦而添加的助剂。主要分为内润滑剂（使塑料和木质纤维在加工时混合均匀）和外润滑剂（使塑木复合材料在加工时表面光滑，利于脱模）。一般塑木复合材料的生产都采用内润滑剂和外润滑剂组合，内润滑剂促进塑料熔体浸渍纤维和两者之间的混合，外润滑剂则有助于塑木熔体较顺利地通过挤出机机头、口模和注射模具，降低能耗，改进最终制品表面平滑性。

常用的润滑剂种类主要有石蜡、PE 蜡、乙撑双硬脂酰胺（EBS）、硬脂酸和硬脂酸盐。根据塑料基体的不同，可分别作为内润滑剂和外润滑剂。现在塑木行业中更多的采用复合润滑剂作为生产的主要助剂，润滑剂生产商使用硬脂酸和酰胺接枝类的助剂为主要成分，再配合一些其他润滑剂，可以适应不同的配方和

加工工艺，简化了塑木复合材料的生产技术。

2. 偶联剂和相容剂

为得到综合性能良好的塑木复合材料，通常采用加入偶联剂提高界面结合力，同时起到部分防老化降解的作用。偶联剂和植物纤维能形成共价键来改变与树脂界面粘合性，使两者表面间产生较强的界面结合，提高植物纤维与树脂的相容性及分散性，且降低植物纤维的吸水性，明显提高复合材料的力学性能、尺寸稳定性和产品使用寿命。我国塑木行业早期使用硅烷偶联剂较多，但是由于硅烷偶联剂大多数为液态，在木粉中较难分散和预处理，同时在加工过程中也容易受到木粉中所含水分的影响而发生分解，所以目前行业中主要使用马来酸酐接枝的PE、PP 相容剂作为塑木复合材料的偶联剂。马来酸酐接枝聚烯烃在提高塑木复合材料性能的同时，还会降低其吸水性能，改善塑木复合材料的户外使用性能。

相容剂是通过分子间作用力，改善塑料基材中两种或两种以上相容性差的物质之间的界面结合，促进塑料基体在塑木配方体系中起到连续相作用，提高对木粉的包覆能力，从而提高塑木复合材料性能。

3. 着色剂

着色剂在塑木材料加工工艺中，主要是起到美化、装饰、便于识别、提高耐候性或改进光学性能等作用。

塑木行业中主要使用耐候性好的无机颜料来为复合材料添加颜色，如氧化铁、炭黑，其他常见的还有酞菁蓝、酞菁绿等耐候性强的有机颜料。

4. 光稳定剂

目前塑木复合材料大部分用于户外场合，因阳光照射可以引起一些化学反应，导致颜色和外观的改变。塑料的显色基团和木粉都提高了紫外线的吸收，导致 WPC 的降解。研究发现，WPC 的褪色主要是由于紫外光（UV）照射所引起的。紫外光可引起 WPC 中聚合物基体和木质成分都发生光降解。

暴露在阳光和空气中的 WPC 易发生结构变化。除力学性能下降外，WPC 的表观性能也大受影响，如出现发黄或褪色等现象。木材的光降解源于纤维素、半纤维素、木质素和抽提物等组分的降解。木质素以多种方式经历光降解，遭受破坏后生成水溶性产物并最终形成发色官能团，如羧基、醌、过氧羟基等结构，成为木材褪色（主要是发黄）的主要原因。最主要的光降解反应是苯酚氧化→醌→氧化还原循环反应。在光辐射作用下，以对苯二酚的氧化开始反应历程，生成的对位醌（发色结构）又分解成对苯二酚，使反应循环进行。

用于 WPC 的光稳定剂产品多种多样，在光氧化降解的引发阶段可以通过屏

蔽紫外线、吸收紫外光、猝灭活性发色团等光物理过程转移紫外线能量而加以防止；在光氧化降解的增长阶段可以通过受阻胺捕获自由基、分解氢过氧化物等光化学反应加以抑制。光稳定剂按其作用机理可分为四大类：光屏蔽剂、紫外线吸收剂、淬灭剂和受阻胺类光稳定剂。通常采用添加紫外光吸收剂吸收紫外光，防止材料的光降解反应，或是利用受阻胺光稳定剂来捕获自由基终止连锁反应的进行。两者同时添加的协同效应是目前光稳定剂发展方向之一，甚至配合颜料、光氧稳定剂同时来延缓褪色，使颜色变化不易察觉。

在 PE、PP 塑木复合材料的生产中，一般使用与塑料加工行业中常见的紫外线吸收剂，如 UV531。但随着 UV531 产品价格的飞涨和助剂行业研究的深入，国内外出现了更多的专门针对塑木材料所开发的光稳定剂，如美国的 3853，就是专门针对塑木开发的自由基捕捉剂。

5. 抗氧化剂

抗氧化剂的加入可以延缓或抑制塑木材料基体聚合物的氧化过程的进行，从而延长塑木材料的使用寿命。随着世界范围内合成材料，尤其是通用型塑料产量的快速增加，促进和刺激了全球抗氧剂产能的迅速增长。抗氧剂的选用主要应根据树脂种类、加工设备和工艺条件，其他添加剂的品种及加入量、制品的使用环境及期限等因素综合确定。其种类分为胺类抗氧剂、酚类抗氧剂、亚磷酸酯类、含硫类和生物类抗氧剂等。考虑产品选用的相容性、耐迁移性、稳定性、环保性和协同效应，抗氧剂的发展方向是形成复合型抗氧剂。理想抗氧剂应具备以下条件：

（1）应具有高的抗氧化能力。

（2）与树脂的相容性好，不析出。

（3）加工性能良好，在高聚物的加工温度下不挥发、不分解。

（4）耐抽出性好，不溶于水和油中。

（5）本身颜色最好为无色或浅色，不污染制品。

（6）无毒或低毒。

（7）价格低廉。

抗氧化剂可分为主抗氧化剂和辅助抗氧化剂，主要针对产品使用期间长期耐热老化和加工过程中耐短期高温的不同需求。

主抗氧化剂的作用是消除刚刚产生的自由基或促使氢过氧化物的分解，阻止链式反应的进行。能消除自由基的抗氧剂有芳香胺和受阻酚等化合物及其衍生物，一般选用 1010 或 BHT。1010 是白色流动性粉末，熔点 120 ～ 125℃，毒性较低、

热稳定性高，非常适合于高温条件下使用，能延长制品的使用寿命，是一种较好的抗氧化剂，一般加入量不大于 0.5%。BHT 价格略低，后期耐热氧化效果不错，但 BHT 自身氧化后结合，会形成 DTNP，其结构本身就是一种黄色颜料，会对产品颜色产生影响，所以应用并不广泛。

对于能分解氢过氧化物的抗氧化剂有含磷和含硫的有机化合物，称为辅助抗氧剂。辅助抗氧化剂一般选用 DLTP 或 168。DLTP 属于硫代酯类，优势在于有效含量高，但缺点也很明显：生产使用过程中有强烈气味、熔点过低、易结块，对产品颜色有影响。

6. 防霉剂

由于塑木复合材料中含有大量木质材料中的纤维素、半纤维素和糖分、淀粉、蛋白质等，以及加工中添加的增塑剂、润滑剂等脂肪酸皂类，都使塑木复合材料易受真菌侵蚀。另外，潮湿的环境也会逐渐使材料的力学性能下降，尤其是在高温潮湿的气候下容易受到真菌、蛀虫和白蚁等生物因子的侵害。这不仅影响了塑木复合材料的美观，又使其性能下降，缩短了产品的使用寿命。相对于纯木材，塑木复合材料虽然抗腐蚀性更好，但仍需改进。

塑木行业发展初期使用稻壳粉作为主要原料，除了因产品生产工艺不成熟导致木纤维团聚产生的霉斑，一般很少出现发霉。随着竹粉和木粉的普遍使用，防霉剂的需求也逐渐增多。特别是使用在亲水、背阴、易污染场合，必须加入防霉剂。塑木复合材料的使用寿命较长，塑木用防霉剂不仅要防霉效果好，同时在持续性上还有较高的要求。随着国际上各种法规对于有毒害化学品的生产和使用的限制越来越高，防霉剂的活性成本必须谨慎选择。目前，一般采用杂环类化合物作为塑木防霉剂。

早期防霉剂基本以粉末状添加到生产原料中，添加量少、成本低，但是对操作人员造成一定的呼吸道和皮肤伤害，目前行业中大都使用防霉剂母粒，避免造成健康危害。

7. 发泡剂

塑木复合材料的密度是普通木材的两倍左右，等体积的价格比木材高，质量较木材重，安装、使用均不方便，制品轻量化（发泡）是发展趋势。经发泡处理，塑木复合材料密度可降低至 0.5 ～ 0.9 g/cm^3。

发泡气体的产生可采用物理发泡或化学发泡的方法。但物理发泡设备比较复杂，目前没有成熟的技术，工业上 PVC 低发泡材料多采用化学发泡方法。

发泡塑木复合材料采用的化学发泡剂主要有：吸热型发泡剂（如 $NaHCO_3$）和放热型发泡剂（如偶氮二甲酰胺） 两类。由于它们的热分解行为不同而影响聚合物熔体的黏弹性和发泡形态，两类发泡剂各有优缺点。

吸热性发泡剂种类很多，常见有碳酸氢盐、碳酸铵、硅酸钠和柠檬酸盐等。受热分解时放出 CO_2、H_2O 等成分。其优点：泡孔结构均匀，尤其适合厚制品；表面光滑，适合结皮发泡；颜色纯白。但也有不少缺点：分解温度低、气体逃逸速度快、发气量偏低和腐蚀设备等。

我国 PVC 基塑木发泡材料，应用最为广泛的是放热型发泡剂偶氮二甲酰胺（AC）。AC 发泡剂熔点为 230℃ , 分解温度 195 ～ 215℃，不助燃且自熄，属于化学发泡剂中较稳定的品种，容易被活化，加工温度范围大，性价比高。其主要缺点是分解速率快、突发性非常强，因此分解速率对制品性能影响较大。

8. 其他助剂

对于在防火要求高场合，需要在塑木复合材料中加入阻燃剂以提高产品的阻燃性能，目前塑木复合材料中主要使用磷系阻燃剂或无机阻燃剂。常见的阻燃剂为聚磷酸铵 / 三聚氰胺复合体系或氢氧化镁。聚磷酸铵复合阻燃体系的效果较好，但价格昂贵，且聚合度低或表面处理不好的聚磷酸铵会在产品使用过程中严重析出；氢氧化镁的价格便宜，但是配方体系中添加量较大，对塑木材料的性能影响也大。

为改善聚丙烯塑木材料的低温脆性，需要加入适量橡胶类增韧剂；为改善 PVC 塑木材料的加工性能需要加入热稳定剂，稳定剂的添加量为 2% ～ 8% 之间，常见的稳定剂有复合铅盐稳定剂、钙锌稳定剂、有机锡稳定剂等几大类，随着国际上对铅盐稳定剂的限制使用，我国在未来几年内也将面临着铅盐稳定剂退出加工市场，使用更环保的钙锌稳定剂替代。为改善塑木材料的抗静电需求，有些产品需要添加抗静电剂以满足需求，常见抗静电剂分为短期和长效，短期一般以容易析出表面的亲水性润滑剂为主，抗静电效果明显、成本低，如单甘脂类润滑剂。

1.2.4 塑木复合材料的生产工艺、设备及模具

1. 塑木复合材料的工艺路线

常见塑木复合材料的生产工艺按加工步骤分为一步法和两步法：

一步法是将塑料、木质 / 生物质纤维、助剂一起加入混料设备，充分混合后，经成型设备一次性加工成型。其优点是设备种类少、能耗低，缺点是产品各成分不易混匀，均一性欠佳。目前使用较多的是两步法，虽然能耗高，但产品性能和

生产效率相对一步法均有明显提高。

两步法是在混料后，混合原料经造粒设备加工成塑木粒料，再进入成型设备加工成型。一步法和两步法的生产工艺路线示意图如图 1-3 所示。

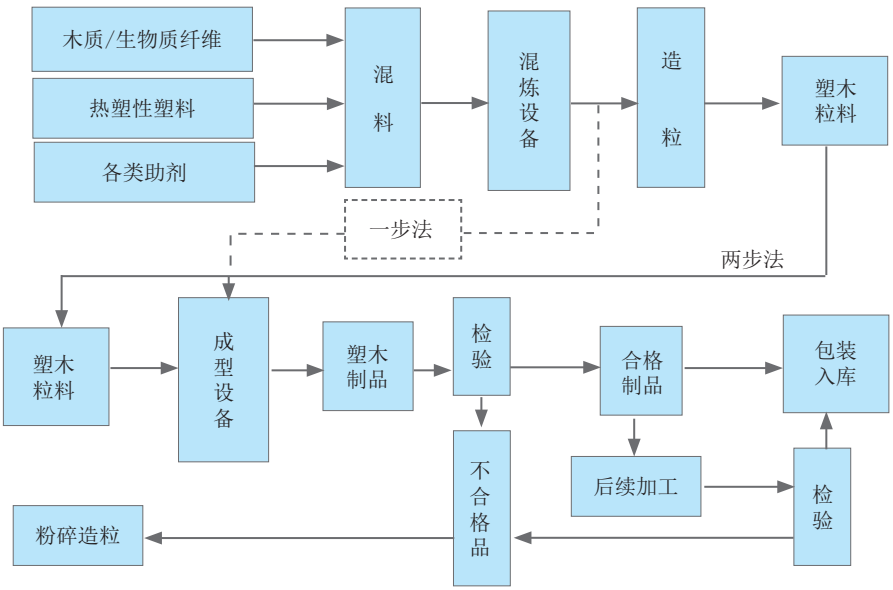


图 1-3　一步法和两步法生产工艺路线示意图

木质 / 生物质纤维：是根据技术配方要求的规格，经干燥和预处理后通过检验达到原料标准的木粉或糠粉、竹粉、秸秆粉等生物质纤维。

热塑性塑料：是根据技术配方规定的，符合品种和质量要求的热塑性塑料，我国是以回收料为主，也可以是新料或两者混合料。

各类助剂：是根据技术配方规定的品种和质量的各类助剂，如偶联剂 / 相容剂、抗氧化剂、润滑剂、光稳定剂和着色剂等。

后续加工：是根据制品设计需要，进行拉毛、压花、热转印、覆膜和开槽等加工。

从木质纤维干燥、回收塑料造粒、与助剂混料，再到造粒、型材生产，这些工艺的物料都是粉状或粒状，其输送方式最简单的是人工搬运，而在规模化生产企业中，是以输送带或输送管道进行的，配料也可以用智能化配料机来完成。

特别需要指出的是：对于检验不合格的产品和产品的料头、碎料，均可以破碎后完全回收利用，这正是塑木生产的优势之一。

2. 塑木复合材料原料的预处理

我国塑木行业使用的塑料原料大部分是回收的塑料，只有注射成型的塑木材

料会选用新塑料。回收的塑料一般要经分拣、破碎、清洗和造粒等过程，行业初期，塑木企业在市面上采购清洗后的塑料碎片自行加工和生产。随着行业的发展和分工细化，目前由塑料原料供应商进行回收塑料的预处理。

同一批塑木复合材料制品应选用同一种木质纤维（如同一树种），按照一定的粉碎、脱脂、脱色、干燥和预处理等工艺，并以不同的细度、长度进行配比。我国塑木复合材料生产中使用的木质 / 生物质纤维来源于木材加工厂或农业的废弃物，如锯末、稻壳和棉花秆等。

木粉原料含一定的水分，特别是木质纤维（木粉等）细胞质的内含水分，而水分不利于产品加工和保证质量，严重时甚至无法成型，这是需要多加关注的。

我国塑木生产企业已开发了多种干燥工艺，现简单介绍两种常用的工艺，具体如下：

（1）高低速混料机干燥法　这是一种简单的干燥方法，是将木粉置于高速搅拌机中，以其桨叶的摩擦升温，使水分逸出。当温度升至 130℃左右时，就可将木粉中的水分降至 2%。这种方法使用设备简单，在干燥后，还可以进一步加入塑料和助剂，完成混料工艺。这种方法的缺点是能量损失大、高速混料设备内搅拌桨叶磨损严重、加工成本高。

图 1-4 是高低速混料机产品图，图中上部是高速混料机，下部是低速混料机，右上角是机内搅拌桨叶。

图 1-4　高低速混料机产品图

（2）气流干燥法　气流干燥设备如图 1-5 所示。气流干燥法的工艺流程示意图如图 1-6 所示，其原理是：冷空气由抽风机 7 被吸入热风炉 1，加热至 180 ～ 250℃，热空气行进至加料机 3 工作段时，将加料机 3 输入的木粉包裹，

在直管干燥器 2 和旋风干燥器 4 中进行热交换，蒸发木粉中含有的水分，在旋风分离器 5 中，干燥木粉与湿热空气分离，干燥的木粉经关风阀放出，湿热空气经布袋粉尘收集器 6 清理残余粉尘后，排出设备。

气流干燥法的优点是：可以利用一次性能源，运行成本低，如烧煤的热风炉；可以连续计量生产干木粉，便于安排下道连续混料和连续造粒的生产工艺。缺点是：小容量的烧煤炉和飞扬的粉尘易造成污染。飞扬的木粉粉尘在空气中达到一定浓度，甚至会发生闪爆，造成火灾和人身危害。防治的方法：一是使用除尘装置，减少粉尘飞扬和降低粉尘在空气中的浓度；二是将现场所有的设备和金属结构可靠接地，防止静电和电火花的产生。

图 1-5　气流干燥设备

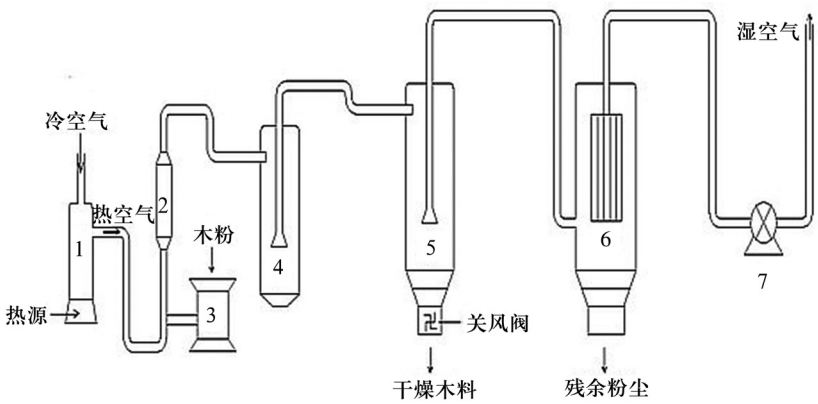


图 1-6　气流干燥工艺流程示意图

1- 热风炉　2- 直管干燥器　3- 加料机　4- 旋风干燥器　5- 旋风分离器
6- 布袋粉尘收集器　7- 抽风机

混料的基本过程就是将塑料原料、木质纤维、其他填料和助剂混合均匀。目前主要使用两种设备。

一种是使用高速搅拌机进行混料，将所有原料按一定次序在不同的时间和温度加入高速搅拌机中，直至所有物料温度升至 100℃以上后放出。高速搅拌后的物料混合均匀、充分，而且除去了木粉中的大部分水分，可以节省前期木粉干燥过程。混合出的原料可以直接一步法成型，也可以进入造粒过程。但是高速搅拌机的生产效率较低，需要比较长的时间才能达成原料加工条件，同时消耗大量能量。

另一种是采用中低速搅拌机对原料进行基本搅拌，再进入造粒过程。此法设备简单、加工快速，搅拌出的原料不够均匀，但是可以满足后期造粒过程的要求，适用于两步法的塑木生产。

3. 塑木复合材料的造粒

在采用两步法成型时，成型前必须先将干燥木粉与塑料、助剂混合后进行造粒，即将混合好的原料经造粒设备混炼后，加工成为塑木粒料。造粒是在预混合基础上的再混合过程，是使塑木物料在高温和强剪切作用下获得熔融混合，并进一步去除其中水分和一些挥发物，使得塑木中各组分更加均匀分散，得到热塑性的粒料。

为使混炼均匀和提高效率，生产企业大多选用塑料挤出机，造粒用挤出机通常为同向啮合的平行双螺杆式或异向旋转的锥形双螺杆式。不同的合成树脂组成的塑木需要使用不同的设备，PVC 基塑木造粒通常使用锥形双螺杆挤出机或单螺杆挤出机， PE 基塑木通常选用平行双螺杆挤出机或计量型单螺杆挤出机，而对于 PP 塑木造粒，最好选用平行同向旋转双螺杆挤出机，也可选用带混炼头的单螺杆挤出机或计量型单螺杆挤出机。

粒料的制造方式通常采用热切法（也称模面切拉）。主要有三种基本形式，即：气流造粒机、喷水（水环）造粒机和水下造粒机。虽然这类系统可以有不同设计，但典型的系统包括：口模、切料室、电动旋转叶刀、冷却介质和干燥粒料的方法（如果采用水冷）。切粒从多孔模头成条状挤出后，被装在模头的旋转切刀切断，切断后的粒料落入料斗中，被多台强力风机吹送，经旋风分离机送入料仓。

与上述不同的是，很多粒料由自己制造挤出或专业厂家生产，他们关心的是塑木粒料中塑与木的混容程度及制造成本，而并不太多关心粒料的外观，因此一般采用长径比较大的平行双螺杆或锥形双螺杆挤出机，将塑与木在挤出机中充分

混容，机头不加造粒装置，塑木熔融料从机头出来后呈不规则块状料，再经风送或带式输送机送至破碎装置，冷却后破碎成不规则粒料。

对于塑木粒料的质量要求目前还无具体规定，但为了保证下游企业加工的产品质量，通常对切粒料的质量要求：切粒后的形状可以是直径为 3 ～ 5mm、 长度为 2 ～ 6mm 的圆柱形或体积相当的方形颗粒；切粒料的颗粒形状应保持一致、均匀；无粘粒，不允许有 3 颗以上的连体颗粒；粒料水分应在 0.5%（质量分数）以下。

4．塑木复合材料的成型工艺

塑木复合材料制品成型与塑料的成型方式类似，有挤出成型、注射成型和压制成型等。另外，在制造汽车内饰件的薄壁制件一般是先制成塑木片材，然后采用压力热成型（又称真空成型，俗称吸塑）的方法，即利用空气压力（或抽真空）使其贴在模具上而成型。这种成型方法在我国也有采用，如威士顿公司等五六个厂家。

塑木复合材料挤出成型和注射成型是常用的加工方法。注射尤其是大型复杂制品的注塑是未来发展的新领域。下面分别简单介绍各种成型方法的加工设备和常用的辅助设备。

（1）塑木复合材料的挤出成型及设备　塑木复合材料使用的挤出机需要具备以下特点：螺杆机筒具有良好的混炼、剪切能力，使木粉、树脂、润滑剂及其他助剂充分、均匀分散，同时，由于木质纤维易降解的特点，剪切力又不宜过高；螺杆机筒有足够的耐磨性、耐蚀性，使用寿命长；加热系统控温精确；挤出机有良好的排气系统、脱水（汽）、脱挥，避免制品产生气泡；有良好的冷却系统，对生产壁厚的制品更不可缺少。

塑木挤出机有单螺杆、锥形双螺杆、平行双螺杆挤出机和一步法挤出生产设备，分别介绍如下：

1）单螺杆挤出机　单螺杆塑木挤出机（如图 1-7 所示）可以完成物料的输送和塑化任务。但是，单螺杆挤出机的输送作用主要是靠摩擦，由于木粉结构蓬松，不易对挤出机螺杆喂料，物料在机筒中停留时间较长，而木粉的填充使聚合物熔体黏度增大，增加了挤出难度；同时单螺杆挤出机排气效果不佳，混炼塑化能力不强。所以，单螺杆挤出机必须采用特殊设计的螺杆，使螺杆具有较强的输送料和混炼塑化能力。

优点：挤出机结构简单，抗磨损能力强，价格低。缺点：排气效果较差，混炼效果较差，挤出压力波动大，产品质量不稳定，能耗大，产量低。目前已被逐步淘汰。

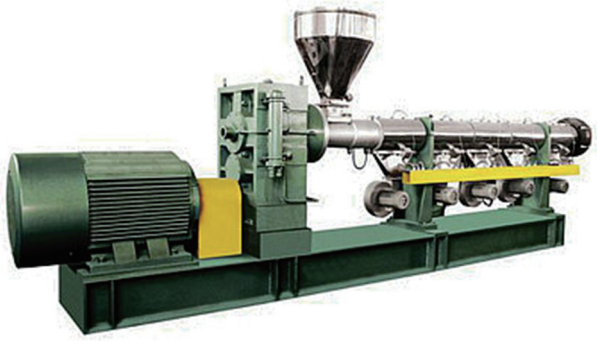


图 1-7　单螺杆挤出机

2）异向锥形双螺杆挤出机　异向锥形塑木双螺杆挤出机（如图 1-8 所示）被称之为低速、低能耗型设备。其锥形螺杆的加料段直径较大，可对物料连续地进行压缩。可以缩短物料在机筒内的停留时间，而计量段直径小，对熔融物料的剪切也小，这对于加工热敏性塑木复合材料而言是一大优势。

塑木用异向锥形双螺杆必须是专门设计的。为适应热敏树脂的加工要求，有许多新的特点和要求，要求螺杆能适应的加工范围宽，对木纤维切断少，树脂少时仍能使木纤维均匀分散和物料完全熔融。由于木粉、植物纤维密度小,填充量大，加料区体积比常规型号的大和长。若木粉、植物纤维加入量大，熔融树脂刚性大，要求耐高背压齿轮箱，螺杆推动力强，采用压缩和熔融快、计量段短的螺杆，可以确保木纤维停留时间短，防止其断裂和性能劣化。生产时，需要先将塑木原料进行混料、造粒，即采用两步法生产工艺。由于这些优点，异向锥形塑木双螺杆挤出机为大多数塑木生产企业所采用。

图 1-8　异向锥形塑木双螺杆挤出机

3）平行双螺杆挤出机　塑木平行双螺杆挤出机（如图 1-9 所示）的两根螺杆为等径螺杆，螺杆之间间隙很小，对物料具有强烈的剪切作用，混炼效果好；同时，强烈的剪切作用产生的剪切热，使熔融的塑木原料脱水、脱挥，这种熔融的加工步骤使塑木物料熔融温度较低，避免了熔料烧结的危险。平行双螺杆挤出机的这种作用，使之成为塑木造粒挤出机的首选。缺点是平行双螺杆挤出机价格高，设备易磨损。

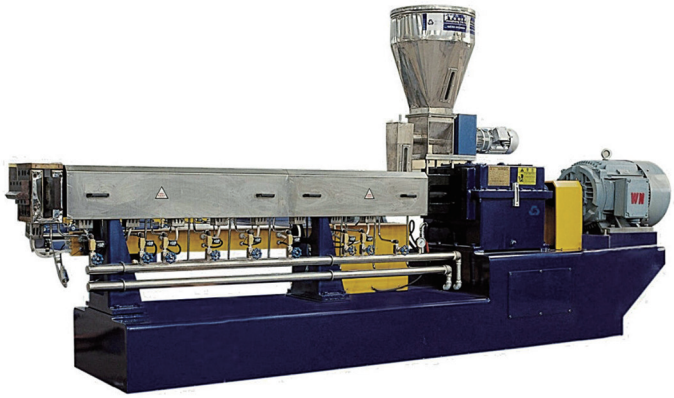


图 1-9　塑木平行双螺杆挤出机

4）一步法挤出设备　一步法挤出工艺是将塑木物料混合后直接加入挤出机，一次挤出成型。这种工艺对挤出机设备要求很高，塑木物料在挤出机中，在短短的几分钟内要完成熔融、脱水、脱挥、排气、混炼和挤压成型的多道工序，因此，挤出机机筒、螺杆、模具都是为某种塑木制品单独设计的，当塑木原料组分、配比或塑木制品断面形状变化较大时，挤出工艺很难满足要求。

另一种一步法工艺的挤出设备是以前段同向平行双螺杆挤出机与后段单螺杆挤出机组合而成。同向平行双螺杆挤出机具有混炼好、分散好、脱水、脱挥和排气除湿好的优势，前段同向平行双螺杆挤出机将塑木原料脱水、混炼后注入后段单螺杆挤出机，利用单螺杆建压功能挤出成型，同时发挥了同向平行双螺杆和单螺杆挤出机的优势。这种一步法挤出设备不用原料烘干，不用造粒，节能效果显著，但对设备的要求较高，在控制和操作上有一定的难度。

还有一种一步法工艺的挤出设备是在平行双螺杆挤出机前段使塑料熔融，在平行双螺杆挤出机机筒中段，通过侧喂料方式挤入木粉和助剂，这种生产工艺可以提高挤出设备的产能，侧喂料同时可添加玻璃纤维，提高制品强度。

（2）塑木复合材料的注射成型　塑木注射成型机如图 1-10 所示。注射与挤出相比，注射制品外观质量通常优于挤出制品，吸水性较低。注射制品表面聚合物富集，而挤出制品木粉易外露，注射制品较挤出制品密实，中间空洞少。挤出和注射两种加工方式得到的产品弯曲模量相当，但是注射制品弯曲强度和拉伸强度更高，这可能是由于纤维取向、制品密度更大、木粉与树脂接触更紧密。注射发泡、气辅成型对塑木复合材料而言则是更新的技术。通过发泡，既可以降低密度，又可以降低注射机压力，一些专用注射机也已开发成功。以美国为代表的多家生产商都采用注射法生产塑木复合材料中空制品。我国目前也有多家企业分别开发出了形状、用途各异的塑木注射制品。

塑木的注射成型基本上都是采用通用的塑料注射成型机，但混炼部分的螺杆机筒设计要考虑塑木物料的特点，加大挤出的压力和提高混炼能力。

在采用塑木注射工艺前，应先将塑木物料混炼造粒。为提高塑木熔融物料的流动性，一般在塑木注射物料的配比中，会适当提高塑料的比例，并增加润滑剂。当塑木注射产品与塑木挤出产品配套使用时，为使外观颜色一致，注射产品配比中的着色剂应适当减少。

图 1-10　塑木注射成型机

（3）塑木复合材料的压制成型　塑木压制成型机如图 1-11 所示。塑木压制成型机使用的塑木物料也是混炼造粒后的塑木粒料，其粒料配比要求与塑木注射粒料一样。

塑木模压工艺是：塑木粒料 —— 预热 —— 模压机热模成型 —— 模压机冷模保压定型 —— 脱模修饰。

塑木粒料预热温度约为 110℃，模压机热模温度为 180~200℃。

图 1-11　塑木压制成型机

（4）成型辅助设备

1）塑木宽板滚压生产线　塑木宽板滚压生产线是塑木挤出生产宽幅板材的设备（如图 1-12 所示）。前段是塑木挤出机，热熔塑木料从塑木挤出机的宽幅模具挤出后，进入宽板滚压生产线的辊筒之间（三辊或四辊），辊筒由筒内的导热油加热，辊筒间的间隙可以调整，热熔塑木料被宽板滚压生产线的辊筒滚压均厚后，成为宽幅板形，再由牵引机牵引冷却、定型、剪裁，完成宽幅板材生产。板材的厚度由宽板滚压生产线辊筒间的间隙决定，生产塑木板材的厚度可从几毫米到十几毫米。

图 1-12　宽板三辊滚压生产线

2）输送分配系统　输送分配系统如图 1-13 所示。从木质纤维干燥、回收塑料造粒、与助剂混料，再到造粒、型材生产，这些工艺的物料都是粉状或粒状，最简单的输送方式是人工输送，但容易造成物料的损失和工作环境的污染。在规模化生产企业中，输送分配是以输送带或输送管道来进行的。管道输送有两种方式：一个是密相法，另一个是稀相法。这种输送分配系统降低了劳动强度，减少了环境污染，有利于产品质量的稳定。

图 1-13　输送分配系统

3）配料设备　在规模化生产企业中，配料是以智能配料设备来进行的。不同的物料分别进入各自的计量斗，按设置好的智能控制数字进行计量，精度可以达到几十克，再放入混料仓进行混合后，放入下一道混炼造粒的设备。

4）破碎机　塑木破碎机如图 1-14 所示。对于塑木挤出工艺中的机头料，以及检验不合格的塑木产品、制作产品过程中的料头、碎料，甚至已使用的损坏塑木产品均可以回收，用粉碎机粉碎后，重新生产塑木制品。

由于塑木的强度较高，又具有一定的韧性，所以粉碎机的刀具需单独设计，要求其刀具材质强度也更高。

图 1-14　塑木破碎机

5. 成型模具

塑木复合材料的生产模具属于塑料模，与相应的成型设备配套又分为挤出模具、热压模具、冷压模具和注射成型模具。目前国内大量使用的是挤出模具。

塑木挤出模挤出成型是借助于转动的螺杆，将料斗中混合好的粒状或粉状的塑料和木粉送入加热机筒中，机筒内的塑料在受到机筒外的电加热和螺杆的剪切摩擦热的作用而逐渐熔融塑化成黏流态，与此同时，物料还受到螺杆的搅拌而均匀分散，塑料均匀地包围在木粉的表面，并不断推向前进；最后，塑化均匀的熔体通过具有一定形状的挤出模具，并在定型、冷却、牵引和切断等一系列辅助装置的作用下，成型为具有一定截面形状的连续型材，如板材、异型材等。在定型模、水箱中的成型是依靠模具内的负压，使未定型的塑木型材吸附到模具型腔壁上，同时靠冷却循环的水使塑木型材定型。模头的截面形状由圆形逐渐过渡到所需产品截面形状，而定型模的截面形状基本与最终的产品截面形状相同。口模流道尺寸的设计对塑料异型材表面质量的影响最为关键，特别是流道对物料的塑化效果对表面质量的影响非常大。为了避免口模流道可能带来的缺陷，把口模流道设计大致划分为预分流段、分流段、汇流段、压缩段和成型段等。

塑木复合材料的挤出模具又分为热出模、冷（却定型）出模。塑木复合材料

的发泡挤出模具为热出模，在模具出口，塑木复合材料型材并没有定型，其发泡定型都在单独的冷却定型模中完成。但多数塑木复合材料型材挤出模具为冷出模（如图 1-15 所示），即在模具出口，塑木复合材料型材已经基本冷却定型。

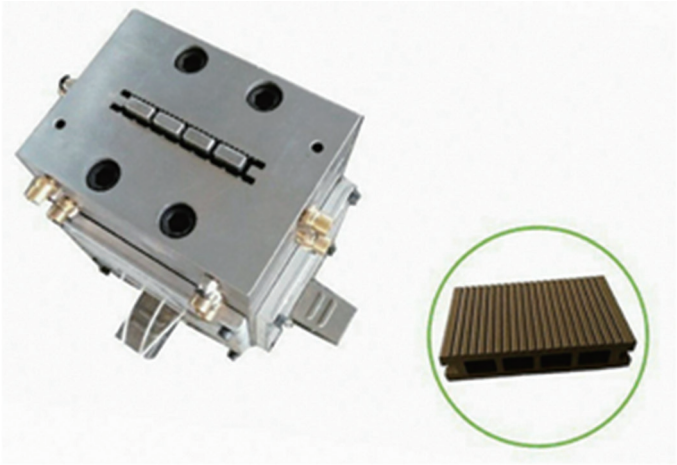


图 1-15　塑木型材挤出模具

为提高生产效率，塑木模具生产企业还开发了一模多腔的模具，如图 1-16 所示为一模双腔和一模四腔的塑木挤出模具。

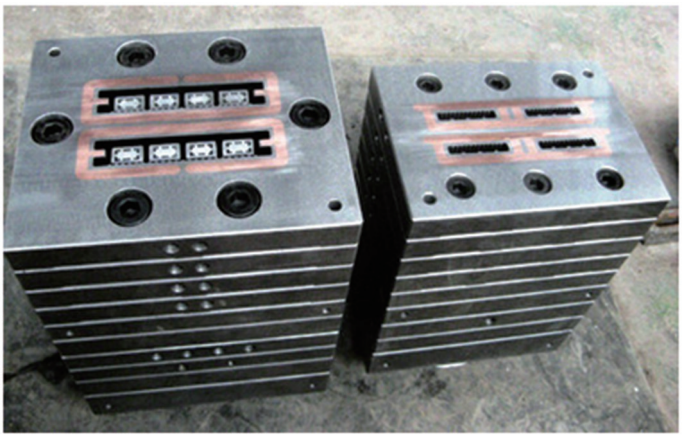


图 1-16　一模双腔和一模四腔的塑木挤出模具

6．塑木复合材料的后处理

（1）注射制品的后处理　塑木注射制品在注射完成后，根据制件的质量要求，有的制品需用塑料加工的后处理方法对制品进行消除内应力处理；还有根

据制品用途进行相应的喷涂、雕刻、拉丝、机加工、热转印、水转印和覆膜等处理。

（2）挤出制品的后处理　挤出后的塑木型材表面呈塑料制品的光滑光泽，一般需进行表面处理，以提高塑木复合材料的外观和表面性能。常见的表面处理是将塑木型材表面打磨或拉丝，使之呈现朴素的木材表面感；还可以进行压花，呈现凹凸的浮雕效果；采用热转印、水转印使表面更加艳丽；使用热压机可将绒布、人造革等与塑木材料压合，用于汽车门板、仪表盘等；也可使塑木产品的表面产生木纹效果。

这些工艺分别由打磨机、拉丝机、砂光机、压花机、热压机、热转印机、水转印机和覆膜机等设备来完成。部分塑木型材表面处理样品如图 1-17 所示。

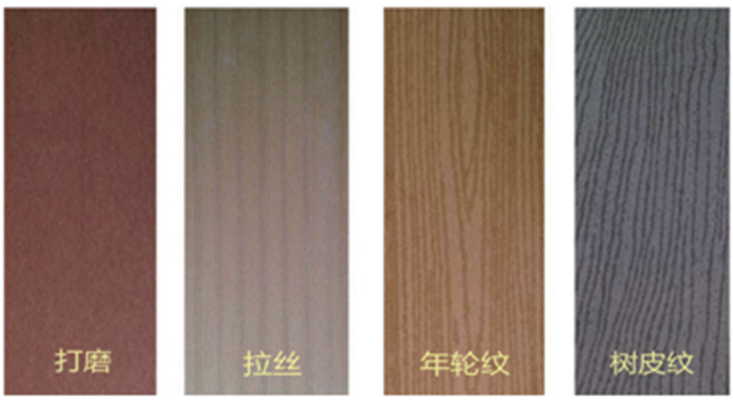


图 1-17　部分塑木型材表面处理样品

塑木型材可以像加工木材一样。经钻、锯、铆、榫和钉加工，甚至雕花，再与各种金具配合，最终完成塑木产品的制作。这部分的设备和器具大部分使用了木工设备和器具，但是刀具、钻头必须适合塑木复合材料的材质。

1.2.5　塑木复合材料生产的新工艺

随着市场需求，近年来塑木复合材料生产技术出现了许多改进，如复合共挤、表面处理（砂带砂光处理、压纹处理、转印、UV 印刷、木皮复合）和涂覆技术、微发泡技术、注射技术、模压技术（多层多工位间歇式、热挤冷压、连续滚压式、高压模压成型）等。

PVC 为非结晶塑料，加热时熔程长，无明显的熔点，熔体黏度较大，较易控制，因而目前 PVC 塑木发泡材料发展得比较成功。聚烯烃类都是半结晶型塑料，

熔体强度在温度高于结晶熔点后就急剧下降，使发泡、成型产生困难。发泡过程中温度控制成为挤出的难点和关键因素，因此在发泡过程中提高熔体强度是发泡成功的关键，目前解决的途径主要是：使 PE、PP 进行部分交联，提高其熔体强度，或在树脂合成时制成带有长支链的产品，如带长支链的 PP 有较高的熔体强度、较低的结晶度，因而较易制得发泡产品。

台湾微细科技公司已开发出热塑性弹性体（TPE）/ 木粉的塑木复合材料生产技术，先针对复合 TPE 颗粒制订一种“处方”，以获得木材适用的黏度和拉伸强度，然后开发出采用压延挤出生产线来发泡 TPE 塑木的技术，而不采用挤出机生产塑木的传统工序。该公司认为 TPE 比 PVC 和其他塑料更有利于环境，因为 TPE 是无毒的，能够再生且易于加工。但另一方面其成本远较 PVC 高。

通常认为塑木复合材料不宜过水，而美国 Gala 工业公司发明了一种水下切造粒的新方法，采用水下切粒机造粒高木粉含量（含木粉 75%）的塑木复合材料，粒子从水下切料机切料室出来后在进入干燥机前，向塑木复合材料粒子和水的混合物中注入大量空气，使塑木复合材料粒子和水的混合物快速通过输送管道，最终干燥的塑木复合材料粒子含水量低于一般造粒法的塑木复合材料粒子。Gala 公司称这种“i-heat”（internal heat，内热）工艺是由于大幅提高塑木复合材料粒子通过速度，而使粒子内保存更多的热量，最终塑木复合材料含水量小于 0.05%，低于一般挤出造粒法的 0.12%。

德国辐照处理厂 Beta Gamma Service 公司发布信息称，可用射线辐照处理提高挤出和注射后塑木复合材料制品的性能。据介绍，辐照处理塑木复合材料的结果是使材料形成稳定的网络结构，不仅能使木纤维或天然纤维与塑料的结合最佳化，而且可以改进和提高塑木复合材料的刚性、硬度、耐热性，降低吸水性。

表面处理和涂敷技术目前也成为研究热点。美国 Inbance/Fluore-Seal 公司开发出反应性氟化气体处理塑木复合材料技术，这种新型表面氧化处理技术使其可以进一步涂漆或涂料。该公司称，电晕放电、火焰和等离子等表面处理技术对塑木复合材料不起作用，因为木材中的木质素是抗氧剂，而快速氟化 - 氧化过程则能阻止木质素起作用，并且由于产生少量表面交联可以阻止塑木复合材料褪色。该公司与 Strandex 公司合作，经上述处理后的塑木复合材料表面喷涂新型紫外线（UV）固化透明涂料。这种涂料在短时间（几秒钟）内便能固化，非常适用于

铺板和围栏等型材制品。据称将氟化－氧化工艺与喷涂透明涂料相结合，可以使塑木复合材料板耐候性长达 10 ～ 15 年。

部分生产商通过共挤出将聚合物涂装或涂覆在塑木复合材料上制成最终产品。表面涂装可以保护木材不受环境因素影响，避免吸潮和污垢。Correct Building Products 公司采用专有技术，将含有紫外线稳定剂、抗划剂、耐污剂和抗菌剂的聚丙烯涂装在聚丙烯木纤维复合材料表面，生产出商品名为“CorrectDeck CX”的塑木复合材料。作为芯材的复合材料不含抗氧剂、紫外线稳定剂；作为表面的聚合物层则含有较高浓度的添加剂，这就降低了添加剂的使用量，降低了生产成本。Composatron 公司使用丙烯腈－苯乙烯－丙烯酸酯共聚物（ASA）共挤出涂料生产商品名为 Premier™ 的栅栏制品。ASA 具有比聚烯烃更优异的耐候性能，并且可以吸附深色颜料。Royal Crown 公司也使用一种保护性颜料 / 涂料生产商品名为 Harmony Select™ 的铺板，已于 2005 年投放市场。该公司还使用 PVC 封装天然纤维生产名为 Celucor™ 的复合材料。CertainTeed 公司也于 2005 年向市场投放了使用 PVC 封装生产的商品名为 Panorama 的塑木复合材料，该复合材料可以用于制造栅栏制品，具有木材纹理表面和木材手感，耐候性能优异。

罗门哈斯公司正在试验将丙烯酸基聚合物用作薄层涂料，在挤出后涂覆在铺板表面。这种涂料的主要作用是增强产品的耐磨性、耐污性和抗菌性。该公司还在研究将丙烯酸基聚合物用于塑木复合材料铺板的固色和半透明防污，一旦研制成功，客户就可以像对木材铺板一样对塑木复合材料甲板进行防污处理。目前研究过程中主要的难点是，如何找到一种涂料能够将所有用于塑木复合材料铺板表面的树脂固定。

在塑木复合材料连接技术领域，焊接已经与传统机械连接技术一样越来越多地投入实际应用，旨在进一步提升塑木复合材料产品的结构性能和精密度。德国塑料研究中心采用塑木复合材料型材和产品进行热对接焊接、超声波焊接和振动焊接测试，结果表明塑木复合材料焊接是切实可行的，这有利于未来广泛拓展塑木复合材料的适用范围，将这一材质引入更多新领域和新产品，如建筑、家具、汽车等。

1.2.6 塑木复合材料生产中的过程控制

在塑木复合材料生产中的一个重要环节是原料、制品和产品三个生产阶段的检测。

1. 原料检测

（1）塑料检测项目

1）外观。颜色，形态，有无杂质。

2）熔融指数。是确定塑木生产工艺参数的重要指标。

3)物理力学性能。根据标准检测方法制作样片后测试，拉伸强度、断裂伸长率、弯曲强度、悬臂梁缺口冲击强度。

4）如果有条件，可以进行差示扫描量热法（DSC）测试原料的纯度。

（2）木质纤维检测项目

1）外观。颜色，形态，有无杂质。

2）含水率。确保木质纤维的含水率低于规定指标。

3）灰分。以判断木粉中含无机杂质的数量。

4）细度。以判断是否符合配方中木粉目数的要求。

5）甲醛含量。以防止供应商提供不合格木粉。

2. 塑木粒料检测项目

（1）含水率。

（2）粉尘比例。

（3）颗粒尺寸。

3. 制品和产品检测

对制品和产品的检测应根据客户对塑木产品的实际需求和使用条件进行。目前，我国已有：装饰板、铺板（地板）、护栏塑木产品的国家标准，塑木托盘、复合板材等行业标准和地方标准。在这些标准中，规定了一般情况下相应产品的检测项目，生产企业和用户可以参考选用。

1.3 塑木复合材料的应用概况

塑木复合材料制品的市场化在国外仅有 30 多年历史，在我国也只有十多年时间。随着资源综合利用和环保意识的增强，塑木复合材料越来越受到世界各国的重视，目前已进入一个高速发展的阶段。新产品不断涌现，应用领域迅速扩大。在我国，从 20 世纪 90 年代末的塑木托盘进入市场开始，塑木复合材料现在已逐步普及到园林景观、室外建材、家具、物流设施、市政设施、码头港口和室内外装饰等领域，还成功地进入了北京奥林匹克运动会、上海世界博览会和广州亚洲运动会等工程。

笔者编写时，在收集各方面资料的过程中，不断发现新的应用实例，多次

进行了修改补充。塑木复合材料的应用领域不仅在我国，而且在世界多个国家和地区迅速扩大，并且因地制宜各有侧重，这种资源循环利用的环保新兴材料不断被广大业者和使用者认识和接受，塑木产业作为我国战略性新兴产业发展前景极为广阔。

1.3.1 塑木铺板（Decking）

由于塑木复合材料与木材相比具有耐水、耐腐蚀、无木刺、不需油漆和使用寿命长等优点，塑木铺板至今仍是塑木产品中应用量最大的产品，大量应用于室外地板，如露台地板、阳台地板、栈桥铺板、室内外游泳池周围的铺地板和室外台阶板等。目前也出现了用塑木材料做的基层地板，其上面复合耐磨或装饰层，应用于室内潮湿区域，如卫生间、厨房等。但由于其抗蠕变性、刚性及抗弯强度低于实木，因此在使用过程中往往需要根据材料的性能，通过调整龙骨的支撑跨距加以弥补。

在我国，塑木铺板类产品是市场销售量最大的产品，近几年出口量（主要是出口到欧美）大于内销量，这主要与产品的认知度和市场成熟度有关。下面介绍塑木铺板的部分应用实例：

1. 室外塑木地板

上海世界博览会工程铺设的塑木室外地板如图 1-18 所示。

图 1-18　上海世界博览会工程铺设的塑木室外地板

2. 露台、阳台的塑木地板

在北美，塑木地板在别墅露台方面的应用是塑木复合材料产品的主要用途之

一。在我国，住宅的阳台或露台的应用也已开始启动，大多是将长条形塑木室外地板安装在龙骨上。露台和阳台塑木地板如图 1-19 所示。

a)　　b)

图 1-19　露台和阳台塑木地板

a）露台　b）阳台

3. 近水步行道塑木地板

近水区域采用塑木材料建造，可充分发挥塑木耐水性好的优势，大幅提高其性价比，因此在这方面的应用发展很快。湖面上的塑木工程如图 1-20 所示。湿地公园塑木铺板如图 1-21 所示。

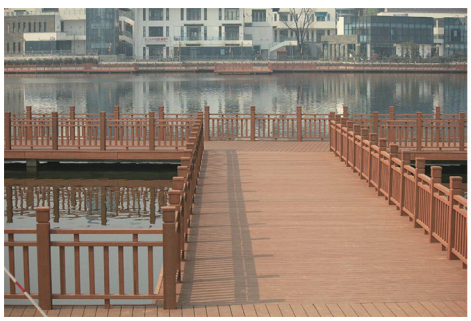


图 1-20　湖面上的塑木工程

图 1-21　湿地公园塑木铺板

4. 游泳池地面的塑木地板

传统的游泳池周围地板材料是水泥、大理石和瓷砖等，这种地板表面的温度受环境影响大，脚底接触会产生较强的刺激感；木质地板的耐水性差，又有木刺伤害之虞。而塑木复合材料正好能避免上述缺陷，因此在这方面的应用能充分发挥其优势，成为优选产品。游泳池铺地板如图 1-22 所示。

图 1-22　游泳池铺地板

5. 室外塑木阶梯

为确保塑木阶梯使用的安全和耐久，大部分采用实心截面的型材。大华西郊别墅塑木阶梯如图 1-23 所示。上海半岛酒店屋顶塑木阶梯如图 1-24 所示。

图 1-23　大华西郊别墅塑木阶梯

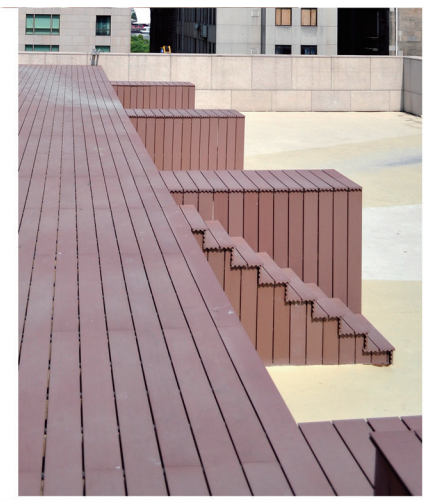


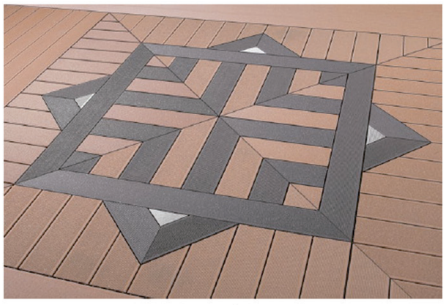
图 1-24　上海半岛酒店屋顶塑木阶梯

6. 拼接地板

在带连接扣的塑料底板上（如图 1-25a 所示），用塑木板材组装成各种规格、图案的方形块状组合塑木地板（如图 1-25b、c 所示），可直接铺设在水泥地面上。小规格的方形地板还可以应用在室内的涉水区域做脚垫，如淋浴房、卫生间、厨房水池前等。

a)

b)



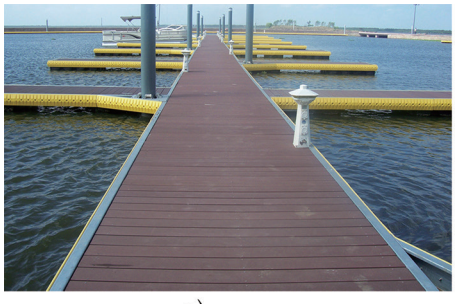
c)

图 1-25　塑木拼接地板

a）带连接扣的底板　b）地板的正面　c）方形块状组合

7. 港口、码头铺板

由于塑木复合材料吸水率大大低于天然木材，吸水后尺寸变化率也小，又能耐海水腐蚀，使用寿命长，因此是港口、码头的最理想代木材料。图 1-26a、b 是江苏昆山大型游艇俱乐部和杭州西湖的游艇码头。



a)

b)

图 1-26　游艇码头铺板

a）江苏昆山大型游艇俱乐部　b）杭州西湖游艇码头

8. 室内塑木地板

塑木复合材料有良好的耐水性，适用于室内经常接触水的潮湿区域，如浴室、卫生间和厨房等。由于室内地板有较高的外观和耐磨要求，因此其表面需要复合装饰层或耐磨层。室内地板大多采用聚氯乙烯（PVC）树脂，因为 PVC 与 PE 或 PP 相比，有良好的装饰性和黏结性能。室内浴室塑木地板如图 1-27 所示。

图 1-27　室内浴室塑木地板

1.3.2　塑木护栏、隔栏、围挡

塑木复合材料制成的护栏与不锈钢一样具有不需要油漆的优点，维护保养简单，因此塑木护栏成为塑木复合材料应用的另一重要领域。尤其在北美，塑木护栏与塑木地板配套构建露台是主要用途之一。另外，塑木护栏还应用在旅游区、公园和住宅小区作为隔栏或围挡等。

在我国，塑木护栏的应用也是塑木复合材料重点应用领域之一。主要应用在旅游区、住宅小区、街道、水榭、廊亭、绿化带和室外电力设施等的护卫；也可以作为建筑的隔离设施或围挡。在欧美，常见与塑木铺板结合，建成别墅露台。下面介绍塑木护栏、隔栏、围挡的部分应用实例：

1. 露台塑木护栏

在北美，露台护栏是应用最为广泛的领域之一。近水别墅塑木露台如图 1-28 所示。随着我国塑木复合材料性能和设计、施工水平的提高，这方面的应用也开始发展，如图 1-29 所示就是露台塑木护栏一个例子。

图 1-28　近水别墅塑木露台

图 1-29　露台塑木护栏

2. 塑木安全围挡

崇明江海名都地下车库出口塑木安全围挡如图 1-30 所示。

图 1-30　崇明江海名都地下车库出口塑木安全围挡

3. 庭院塑木护栏

住宅小区庭院塑木护栏如图 1-31 所示。古色古香的塑木护栏如图 1-32 所示。

图 1-31　住宅小区庭院塑木护栏

图 1-32　古色古香的塑木护栏

4. 桥梁的塑木护栏

随着塑木复合材料力学性能和建筑设计施工水平的提高，塑木护栏在桥梁上的应用也逐渐广泛。扬州仪征扬子江桥的塑木护栏如图 1-33 所示。

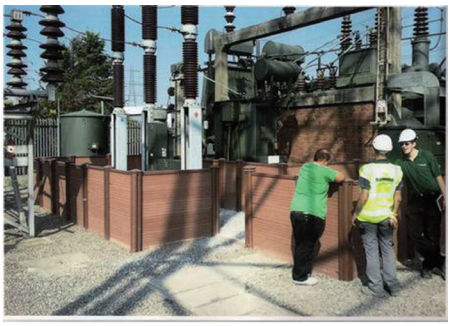
图 1-33　扬州仪征扬子江桥的塑木护栏

5. 电力设施的塑木围挡

使用塑木复合材料制造的电力设施围挡与木材相比，其特点是防水性能好、

使用寿命长。武汉奥山世纪城屋顶电力设施围挡如图 1-34a 所示，是设置在屋顶的电力设施围挡。南京聚锋公司与英国某公司合作开发的多功能塑木挡水围挡曾荣获英国女王颁发的环保绿苹果金奖。英国变电设备围挡如图 1-34b 所示，英国各变电站使用这种塑木挡水围挡，2012 年经受了英国特大洪水的考验，对变电设备起到了很好的保护作用，获得了好评。

a)



b)

图 1-34　电力设施塑木围挡

a）武汉奥山世纪城屋顶电力设施围挡　b）英国变电设备围挡

6. 空调围挡

大华西郊别墅空调围挡如图 1-35 所示。

图 1-35　大华西郊别墅空调围挡

7. 仿古围挡

为迎接 2008 年北京奥林匹克运动会，改善城市环境，在前门东街采用塑木复合材料建设 1km 长的仿古围挡，效果很好。如图 1-36 所示是其中一小段塑木仿古围挡。

图 1-36　塑木仿古围挡

1.3.3　塑木室外设施

户外家具对材料的耐候性要求较高，塑木复合材料能够满足这一要求。阳光中的紫外线使大多数塑料制品加速老化，但是塑木复合材料中的木粉能够有效遮挡紫外线进入材料内部，从而使塑木复合材料可以在户外有较长的使用寿命。从经济因素分析，塑木复合材料比木材和金属材料的生产成本和维护成本都要低，因此，用它来开发户外家具是很有发展前途的。

采用塑木复合材料制作野餐桌、休闲凳椅和废物箱等室外家具，可充分发挥其耐水、耐酸雨、耐腐蚀、无木刺和使用寿命长的优点。塑木室外设施应用举例如下：

1. 塑木户外餐桌

户外餐桌如图 1-37 所示。

图 1-37　户外餐桌

2. 塑木休闲凳椅

在我国已有不少城市的公园、广场、街道和住宅小区等开始使用，与过去木质凳椅相比，具有使用寿命长、免油漆、省维护、无木刺、可回收和保护环境等明显优势，因此具有良好的持续发展前景，在室外家具行列中所占的份额将不断扩大。在北美地区应用普遍，加拿大温哥华市的花园、路边座椅 70% 以上使用的都是塑木复合材料。北京奥林匹克森林公园圆弧塑木休闲凳、上海康健公园直角转弯塑木长凳、公园塑木椅和长凳，如图 1-38 ～图 1-40 所示。

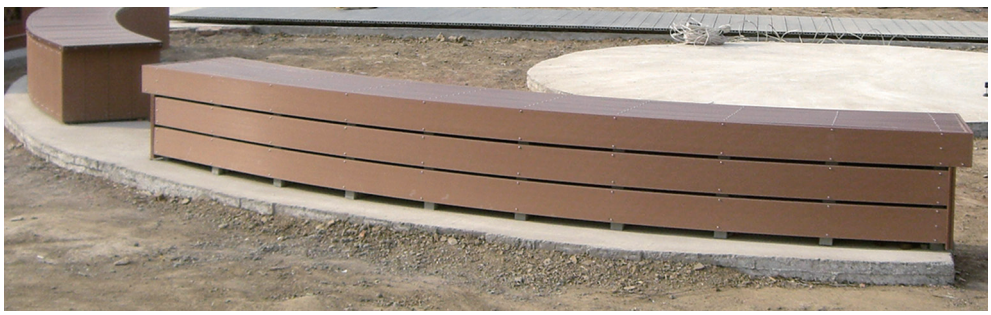


图 1-38　北京奥林匹克森林公园圆弧塑木休闲凳

图 1-39　上海康健公园直角转弯塑木长凳

图 1-40　公园塑木椅和长凳

3. 室外桌椅

室外桌椅如图 1-41 所示。

图 1-41　室外桌椅

4. 塑木废物箱

塑木废物箱如图 1-42 所示。

图 1-42　塑木废物箱

5. 塑木花箱

塑木花箱如图 1-43 所示。

图 1-43　塑木花箱

6. 塑木树池

因树木根系发达，树池内壁需要用钢结构加强。塑木树池如图 1-44 所示。

图 1-44　塑木树池

1.3.4 室内家具

塑木复合材料如今已用于制作书架、床框板和橱柜等室内家具，由于受到只认同实木家具的传统观念影响，塑木复合材料在室内家具中的应用推广速度不如在室外设施等领域快。随着塑木复合材料工业的发展和科技的进步，社会对塑木复合材料认知度的提高和环境保护意识的增强，塑木复合材料在室内家具领域的应用也得到快速发展。室内家具的部分应用案例：塑木书架、塑木橱柜如图 1-45、图 1-46 所示。

图 1-45 塑木书架

图 1-46 塑木橱柜

1.3.5 塑木复合材料走进生活

塑木复合材料通过雕刻技术获得层次分明的图案，通过注射成型工艺获得奇特的造型。塑木复合材料制品成为一种工艺品，慢慢进入我们的生活。下面介绍塑木复合材料走进生活的部分应用案例。

1. 塑木花瓶和花盆

塑木花瓶和花盆如图 1-47 所示。

图 1-47 塑木花瓶和花盆

2. 塑木水杯

塑木水杯如图 1-48 所示。

图 1-48　塑木水杯

3. 塑木衣架

塑木衣架如图 1-49 所示。

图 1-49　塑木衣架

4. 塑木洗漱用品和文具用品

塑木洗漱用品和文具用品如图 1-50 所示。

图 1-50　塑木洗漱用品和文具用品

5. 塑木卫生洁具

塑木洁具中塑木马桶盖如图 1-51 所示。

图 1-51　塑木马桶盖

6. 塑木灯具

塑木复合材料型材具有便于安装、有木质感、不导电、不需要油漆和环保等特点，因此逐步应用于制作路灯、室外景观灯和台灯等各种灯具柱、座或装饰件。塑木香薰灯、塑木路灯如图 1-52、图 1-53 所示。

图 1-52　塑木香薰灯

图 1-53　塑木路灯

1.3.6　塑木玩具

塑木复合材料与天然木材相比具有不需要油漆、有良好的环保性能、维护简单、不会发生木刺伤人的现象和使用寿命长等突出的优点，因此将逐步成为儿童娱乐设施和玩具的主要代木材料。塑木玩具的应用案例如图 1-54 所示，是美国 Lowa Falls 公司的大型儿童娱乐设施。

图 1-54　大型儿童娱乐设施

1.3.7 塑木景观小品

采用塑木复合材料制作园林或城市景观小品，如休闲亭、廊架、葡萄架、花池、树池、小桥、墙饰小品、标志牌和铭牌等，可以免油漆、保护环境、节省大量维护费用和优质木材，还可以发挥其无毒、无害的特点，与自然环境相映成辉。下面介绍塑木景观小品的应用案例。

1. 塑木休闲凉亭

塑木复合材料应用于景区凉亭的技术已趋于成熟，设计方案不断出新，并以仿古的设计居多。如图 1-55、图 1-56 所示，架立在墙上的塑木休闲亭和带美人靠的塑木亭子是上海塑木景观公司设计施工的塑木休闲亭。

与景区环境和风格相协调的塑木凉亭也层出不穷。如图 1-57 所示，是风格迥异的塑木凉亭。

图 1-55 架立在墙上的塑木休闲亭

图 1-56 带美人靠的塑木亭子

图 1-57 风格迥异的塑木凉亭

2. 塑木廊架

与传统的实木相比，塑木复合材料具有使用寿命长、施工方便和不需油漆等优势，因此在园林和景区制作塑木廊架也逐渐受到青睐。如图 1-58、图 1-59 所示潮州金佳园小区塑木廊架和上海绿建塑木廊架。

图 1-58　潮州金佳园小区塑木廊架

图 1-59　上海绿建塑木廊架

3. 塑木景观桥

扬州仪征扬子江塑木景观桥如图 1-60 所示，该桥宽 6m、长 70m，中央设置一个圆形景观台。杭州萧山明怡花园塑木景观桥如图 1-61 所示，此景观桥中西合璧，应用了多种表现手段。

图 1-60　扬州仪征扬子江塑木景观桥

图 1-61　杭州萧山明怡花园塑木景观桥

4. 屋顶塑木景观小品

上海江宁学校屋顶花园、武汉奥山世纪城屋顶塑木小品、上海半岛酒店屋顶塑木小品如图 1-62 ～图 1-64 所示。

图 1-62　上海江宁学校屋顶花园

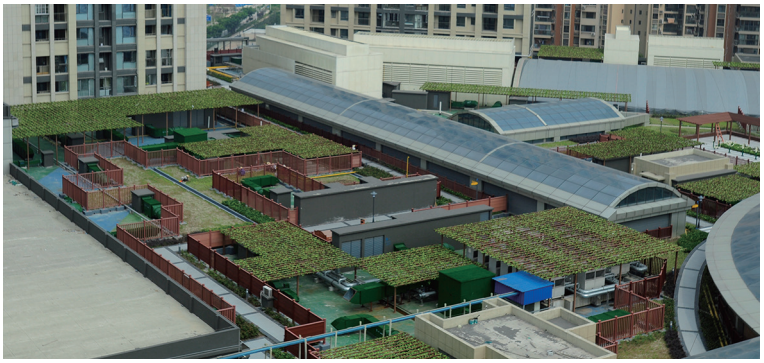


图 1-63　武汉奥山世纪城屋顶塑木小品

图 1-64　上海半岛酒店屋顶塑木小品

5. 塑木墙饰小品

塑木墙饰小品如图 1-65 所示。

图 1-65　塑木墙饰小品

6. 塑木标牌

采用塑木复合材料制作路牌、宣传牌等标牌不仅容易雕刻、有良好的装饰效果，而且使用寿命长、不需要油漆和维护，因此具有很好的开发前景。塑木标示牌、塑木铭牌如图 1-66、图 1-67 所示。

图 1-66　塑木标示牌

图 1-67　塑木铭牌

1.3.8　塑木装饰应用

塑木复合材料广泛应用于建筑的室内外装饰，如装饰柱、隔墙板、内外墙装饰板、顶棚装饰、边角线、窗帘盒、门窗套、地板、篱笆、踢脚板、美术板、百叶窗、遮阳板、镜框、相框、窗框和门头装饰材料等，大多数的室内外装饰建材

均可以采用 PVC、PE 等塑木复合材料来制造，目前在我国已开始快速发展。特别值得指出的是，用原木加工制作装饰材料除了能带来消防隐患外，还容易发生霉变和虫蛀。而 PVC 塑木复合材料产品，特别是共挤产品，彻底抛弃原木的缺点，改进了原木的不足，保留了原木特有的木质感。塑木复合材料还具有防水、防火功能，从而也可以用于厨房、盥洗室等室内高湿区域的装饰。同时 PVC 塑木复合材料可以根据不同木种和颜色生产出不同等级、不同规格、不同颜色的仿木制品。在我国和美国出现过 PVC 塑木复合材料发展速度高于 PE 和 PP 塑木复合材料的倾向。以下是部分塑木装饰应用实例。

1. 外墙塑木装饰

（1）塑木外墙挂板　云南昆明野鸭湖别墅塑木外墙挂板如图 1-68 所示，是采用薄板叠边铺设。

图 1-68　云南昆明野鸭湖别墅塑木外墙挂板

（2）外墙塑木遮阳板　外墙塑木遮阳板如图 1-69 所示。

图 1-69　外墙塑木遮阳板

（3）外墙装饰　上海丽都华庭外墙塑木装饰条如图 1-70 所示。

图 1-70　上海丽都华庭外墙塑木装饰条

（4）仿古外墙装饰　西安大明宫遗址工程是在 2010 年 6 月竣工的，是典型的仿古装饰工程。采用的是南京聚锋新材料有限公司的专利产品阻燃型塑木复合材料（专利号：ZL2006 1 0039985.4）进行墙体的装饰，耗用型材近千吨。西安大明宫遗址工程如图 1-71 所示，是竣工一年后拍摄的照片。

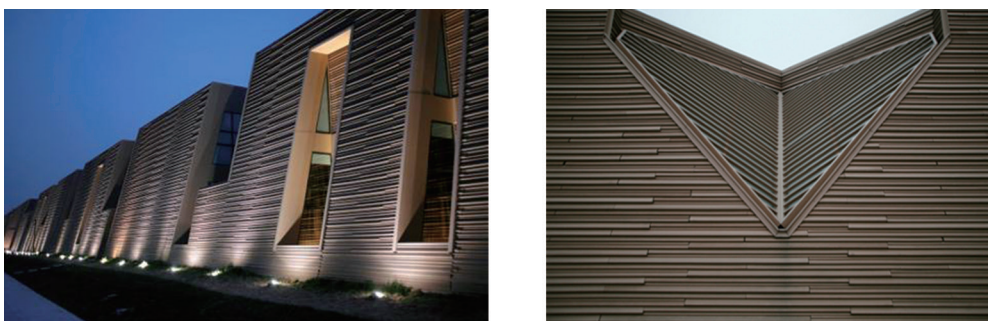


图 1-71　西安大明宫遗址工程

（5）外墙装饰综合应用　外墙装饰塑木应用如图 1-72 所示，是塑木复合材料在上海一品漫城小区外墙装饰中的一个应用实例，成功应用到铺板、护栏、阶梯板、墙板、遮阳板和装饰条等，充分发挥塑木复合材料在室外使用的特长。

图 1-72　外墙装饰塑木应用

（6）地铁站出站口装饰　南京地铁出站口应用塑木材料已经有 10 年历史，在 2005 年地铁 2 号线建设中，地铁站出站口全线采用塑木型材与不锈钢管搭配的结构，经过 10 年的使用，效果良好，至今基本完好，如图 1-73a 所示。在地铁 3 号线建设时采用了塑木复合材料型材外包立柱的形式，如图 1-73b 所示。

a)　　b)

图 1-73　南京地铁站出站口装饰应用

a）地铁 2 号线出站口之一　b）地铁 3 号线出站口之一

2. 塑木门景装饰

门景的塑木装饰如图 1-74 所示。

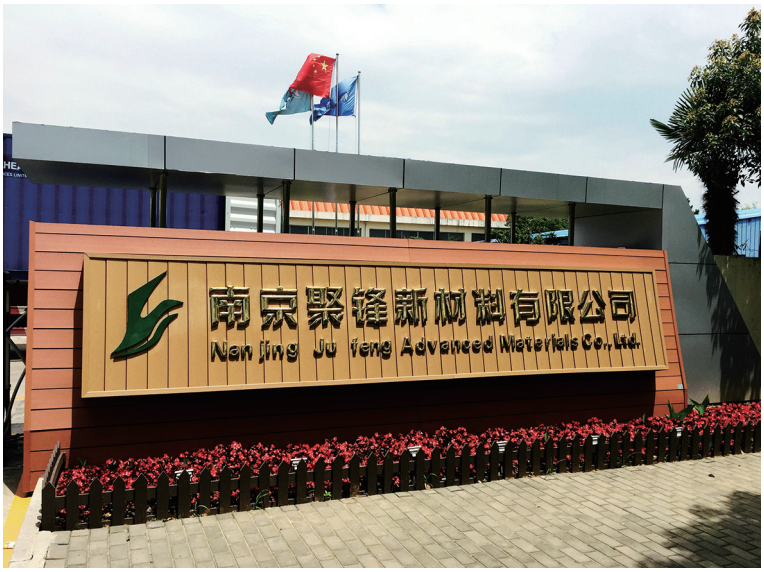


图 1-74　门景的塑木装饰

3. 室内塑木装饰

（1）室内塑木墙板　采用 PVC 塑木复合材料制作室内墙板具有庄重、美观、易维护保养、不怕虫蛀和蚁蚀等优点。上海塑木园林景观有限公司设计的室内塑木墙板装饰如图 1-75 所示。

图 1-75　塑木墙板装饰

（2）塑木马赛克墙壁　塑木马赛克墙壁装饰如图 1-76 所示。

图 1-76　塑木马赛克墙壁装饰

（3）塑木顶棚　塑木顶棚装饰如图 1-77 所示。

图 1-77　塑木顶棚装饰

（4）塑木顶棚与墙板整体装饰　塑木顶棚与墙板整体装饰如图 1-78 所示。

图 1-78　塑木顶棚与墙板整体装饰

（5）盥洗室墙板与地板　盥洗室塑木装饰如图 1-79 所示。

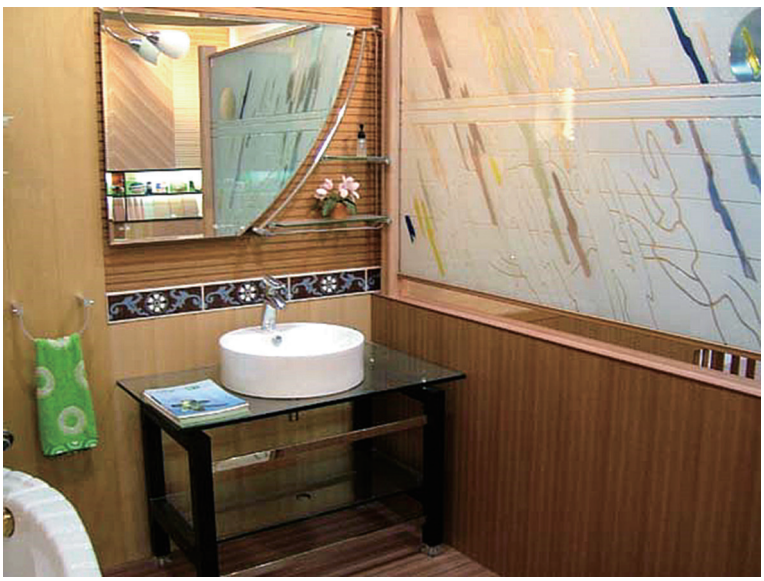


图 1-79　盥洗室塑木装饰

4. 塑木门窗

塑木门窗是目前塑木复合材料应用的开发方向之一，我国有部分院校和企业为此进行了不懈的努力。塑木门窗在门窗行业中开始占有一席之地，具有广阔的发展前景。塑木门如图 1-80 所示。

图 1-80　塑木门

塑木门窗一般用 PVC 为基料，其产品硬度比 PVC 塑钢门窗高，而且符合环保的要求，维护保养费用低，可以不用油漆；也可以通过热转印等技术使产品外观获得良好的仿木效果，可弥补实木门窗的一些缺陷，提高了防水、防腐、防虫蛀、防鼠咬和防火等性能。

美国塑木在窗框和门部件的应用已在 21 世纪初开始快速发展，窗框和门框的销售额从 2001 年的 0.65 亿美元提高到 2006 年 1.35 亿美元，约占 WPC 销售总额的 5%。

1.3.9　塑木房屋

塑木复合材料通过挤出成型加工成各种型材，型材可以设置需要的沟槽作为接插立柱，也可以制成实心或空心的板材作为墙板，因此用塑木材料构建接插拼装式的简易或临时房屋可以充分发挥其特长。可以建成抗震救灾临时用房、售货亭、岗亭、临时工房、移动厕所、海滩泳场更衣房或工具房以及军事野战活动用房等。

塑木房屋常采用接插拼装结构，可以反复拆装，所以有的称其为活动房，也可以根据需要构建成相对固定的，如售货亭、岗亭等。其建造的工作量大部分在工厂完成，现场安装非常简单，不需要很高的操作技术，一间简单的塑木房屋，有的不到一天时间就可以建成，因此特别适合在应急状态下使用，如战争、救灾等。

塑木房屋与木结构房屋相比，除了建造容易、速度快和能拆装反复使用以外，还有布设线路方便、不怕白蚁蛀和老鼠咬、不需要油漆、节省木材、保护环境、耐水防潮及性价比高等优点。与轻钢结构相比具有保温隔热、耐腐蚀不生锈和布设线路方便等优点。

塑木房屋的特点说明了这种新结构房屋的发展前景极为良好，国内外已陆续开始研发，据悉，在北京郊区试建设成功 1 间 300m^2 的住房，现已交付使用，效果良好。在这种情况下，相信不久的将来塑木房屋将成为建筑市场的一个新的亮点。下面列举部分案例供参考。

如图 1-81 所示，是建在城市闹市区某单位门口的传达室，是全塑木的构造，与塑木护栏相匹配显得协调。

图 1-81　塑木传达室

如图 1-82 所示，是贵阳花溪的可用拖车拖带的塑木移动房屋，正在进行定位安置。

图 1-82　塑木移动房屋

如图 1-83 所示，是建在三亚蜈支洲岛近水的塑木游艇售票房，可发挥塑木材料耐水性好、造价低的特点。

图 1-83　塑木游艇售票房

如图 1-84 所示，是一间建在神农架旅游景区的茶室，内部装潢与普通茶室相同，外观设计与景区自然环境相协调。在高湿地区可以充分发挥塑木材料的耐

水性比木材好的优点。

图 1-84　神农架景区的塑木茶室内外写真

如图 1-85 所示，是两间不同风格的塑木复合材料洗手间，左边一间是可移动的，房屋框架是角钢焊接制成。内外墙板、屋顶和地板等都是采用塑木复合板材。中间加入发泡塑料保温层，顶部设置了 PC 透明层。房体的下梁用 4 个可转向的滑轮支撑，可使房屋整体方便地移动。右边一间是固定的。

图 1-85　可移动塑木洗手间

随着对塑木复合材料产品认识的深化，近几年发挥塑木复合材料产品特点的专用房屋设计和建造形成了一个新的应用热点。例如，都市宝唐山科技产业集团研制出不同款式的塑木复合材料综合警务服务站的建筑（如图 1-86 所示，是其中一款的设计图）。综合警务服务站不仅起着主城区治安第一道防线的作用，在警亭的执勤民警同时还要接受“110”指令和群众报警求助，随时处置各类突发性事件。这样不仅可以提高群众的安全感，同时也美化了城市环境。

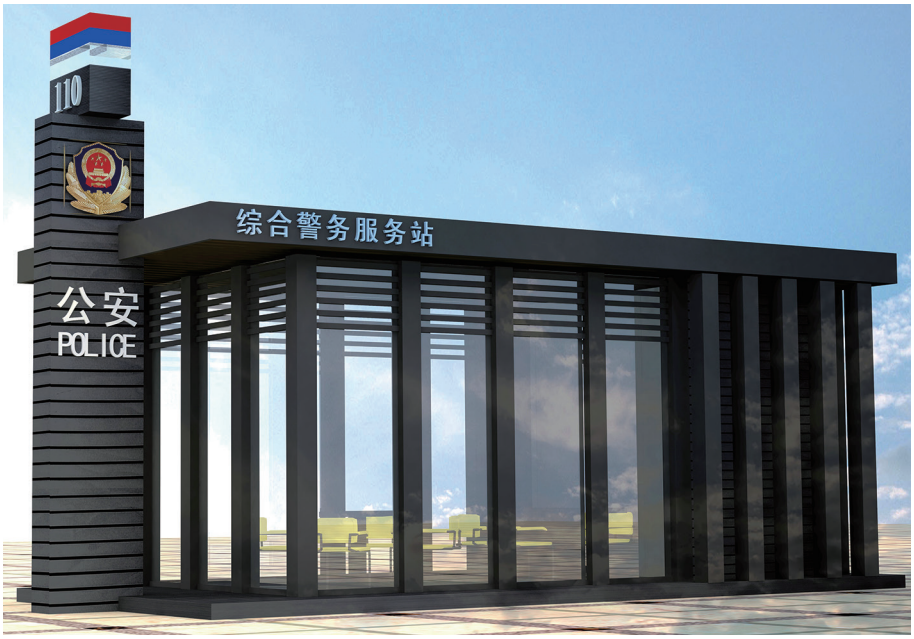


图 1-86　塑木警务服务站设计图

1.3.10　塑木在市政设施中的应用

塑木在市政设施中的应用案例，举例如下：

1. 公交车站台

在市政建设中，为美化城市环境，在马路中间采用塑木花箱或树池栽上花和树，按要求排列，构成隔离带。这不仅能改善城市形象，而且可以缩短施工时间，产生良好的社会效益，因此受到有关部门的欢迎，已在国内许多城市采用，应用日益广泛。公交车站台和花箱隔离带如图 1-87、图 1-88 所示。

图 1-87　公交车站台

图 1-88　花箱隔离带

2. 公路减速板和停车挡块

公路减速板和停车挡块如图 1-89 所示，在美国有采用塑木复合材料制作公路减速板和停车挡块。

图 1-89　公路减速板和停车挡块

1.3.11　塑木在物流领域的应用

塑木在物流领域的应用案例，列举如下：

1. 塑木托盘和塑木仓垫

塑木托盘如图 1-90 所示，是采用塑木型材（面板、支撑梁或底板）组装而成的运输包装工具。与木质托盘相比，有免熏蒸、耐腐蚀、防虫蛀鼠咬、易清洗、不产生木刺和报废后可回收等优点。在我国，塑木托盘是最先进入市场的塑木复合材料产品，但由于塑木复合材料产品的密度远高于木材，而抗弯承载能力低于木材，价格也高于木材，在市场上缺乏竞争力，因此塑木托盘在国内的推广应用受到影响。

图 1-90　塑木托盘

如果把塑木托盘固定放置在仓库中，或按仓库的设计要求制成仓垫，则更能充分发挥塑木复合材料的优势。尤其适用于药品、卷烟、化工和食品等仓库。哈尔滨制药六厂早在 2002 年使用南京聚锋新材料公司生产的塑木复合材料铺垫了当时新建的仓库，这可能是我国最早使用塑木仓垫的案例之一。

2. 仓储防滚垫木

仓储防滚垫木如图 1-91 所示。

图 1-91　仓储防滚垫木（美国 Lowa Falls 公司）

1.3.12　塑木在汽车工业的应用

欧洲塑木复合材料大量应用于汽车工业，2012 年塑木复合材料的总产量（含 NFC）为 35.7 万 t，应用于汽车工业为 15 万 t，市场份额占 42% 以上，主要用作汽车内饰件和其他零部件。

汽车内饰件不需要解决长期与水接触问题，木质纤维含量可以相对高（如

65% ～ 70%），选用聚丙烯（PP）为基础树脂容易达到如此高的木质纤维含量。据报道，美国“福特”，德国“奔驰”“奥迪”“高尔夫”“宝马”，日本“丰田”，法国“雪铁龙”，瑞典“沃尔沃”等名牌轿车的内装饰基材，均不同程度上使用了塑木复合材料。奔驰 BENZ S 型高级轿车已采用 27 件塑木内饰件，每辆车的使用量达 42.7kg，而以前车型使用量为 24.6kg。汽车内饰件一般用于门内装饰板、车顶装饰板、行李箱底板、备用轮胎罩、座椅靠背、仪表板和遮光板等。主要成型工艺是模压或挤出后的热压成型，再与皮革、织物等装饰材料通过压制成型制成各种内饰件，也有注射成型各种零件。这种生产工艺的主要优点是产品投资小、改型快、不产生污染环境的异味和有害气体，符合汽车工业发展的需求。图 1-92a 所示的是车门内侧镶板，如图 1-92b、c 所示的内饰件是由塑木片材与皮革压制而成，图 1-93 所示的是德国奥迪汽车音响的塑木壳体，图 1-94 所示的是汽车空调的壳体，它们都是塑木复合材料的注塑件。

a)　　b)　　c)

图 1-92　汽车塑木内饰件

a）车门内侧镶板　b）、c）塑木片材与皮革压制而成

图 1-93　汽车音响塑木壳体

图 1-94　汽车空调壳体

1.3.13 塑木在其他工业领域的应用

塑木在其他工业领域的应用案例列举如下：

1. 污水处理厂

污泥脱水设施如图 1-95 所示，是采用 140mm×40mm 的铺板构建的香港昂船洲污水处理厂污泥脱水设施。

图 1-95 污泥脱水设施

2. 塑木铺板在水处理工厂的应用

由于塑木复合材料的耐水性明显优于木材，因此在工厂的涉水场合替代木材，可以大大提高材料的使用寿命，如图 1-96 所示的是工业近水场合应用的塑木铺板。

图 1-96 工业近水场合应用（美国 ChoiceDek 公司）

3. 塑木 3D 打印模型在工业产品设计中的应用

传统的机器设备生产企业在研发试制新部件时，都是先通过手工制作设备模型进行分析试验，但这种手工制作的模型在精确度和抗磨损程度上都不高。后来哈飞、东安等大型工业制造企业在制作机械部件模型时，开始采用了尼龙或聚苯乙烯（PS）塑料为耗材的 3D 打印技术，但这类耗材在用于工业的熔模铸造领域时，不是易变形，就是造价昂贵。不久前，由东北林业大学机械电子工程学院郭艳玲教授带领的科研团队研发出了一种利用稻壳、秸秆等农林废弃物制成的塑木复合材料，这种复合材料利用的主要是农林废弃物，造价低，经过调整添加比例，可调节材料最终达到规定的强度，在激光烧结过程中性能稳定、易成型，成型件尺寸精度高，其力学强度可与木材、聚合物、陶瓷等材料相媲美。通过激光 3D 打印技术可制作出强度高、精度准确的 3D 模型，如图 1-97a 所示。这种新型 3D 打印复合材料已经在北京、上海等机械制造和 3D 打印企业中推广应用。图 1-97b 所示是塑木 3D 打印制成的模型及耗材的图例。

a)　　b)

图 1-97　塑木模型

a）采用激光 3D 打印技术制作的模型　b）塑木 3D 打印制成的模型及耗材

4. 塑木砂轮盘

塑木砂轮盘如图 1-98 所示。

图 1-98　塑木砂轮盘

1.3.14 其他应用实例

塑木复合材料由于具有优异的环保特性，除了应用到上述领域外，还有许多应用场合。随着技术水平的不断提高，应用领域必将不断扩大。下面再举部分应用实例：

1. 旧街保护性建筑改造和古建筑保护的应用

设计和施工部门利用塑木复合材料的自身特点，进行了大胆的尝试，将塑木复合材料应用到了旧建筑的保护和改造上，已经取得不少可喜的成果，现以海南文昌文南老街的维护改造为例进行介绍。具体如下：

（1）在街口人行道上直接铺设室外塑木地板，安装塑木地灯，如图 1-99 所示。

图 1-99 塑木人行道

（2）整个临街建筑换上色调和外形都一致的塑木百叶窗，墙砖也是采用塑木板铺设，如图 1-100 所示。

图 1-100 塑木墙砖和百叶窗

（3）在河边建了两个大型塑木仿古休闲亭，如图 1-101 所示。

图 1-101　大型塑木休闲亭

（4）所有牌匾全部采用塑木板雕刻制成，如图 1-102 所示。

图 1-102　塑木牌匾

（5）采用塑木墙板和塑木刻制的宣传板构建文化墙，如图 1-103 所示。

图 1-103　塑木文化墙

2. 古建筑保护

北京故宫博物院为保护原来的坡道采用了加厚的空心截面塑木铺板，建成阶梯供游客使用，避免游客踩坏原坡道，如图 1-104 所示。

图 1-104　故宫博物院室外阶梯

3. 钢结构的外装饰

采用塑木复合材料替代油漆或木材装饰钢结构的建筑物，不仅可以避免油漆污染，保护环境，还可以获得良好的装饰效果，减轻钢铁的锈蚀，延长使用寿命。如图 1-105 所示，是南京绿博园采用型钢焊接而成的钢结构马来屋。如图 1-106、图 1-107 所示，是横梁与柱子为钢管外包塑木板材。

图 1-105　南京绿博园的马来屋

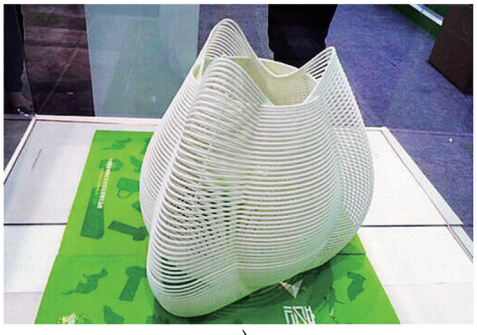
图 1-106　钢管外包塑木板材

图 1-107　潮州金佳园小区塑木外包大门

4. 塑木 3D 打印耗材

3D 打印（3DP）是一种以数字模型文件为基础，运用粉末状金属或塑料等可粘合材料，采用数字技术材料打印机，通过逐层打印的方式来构造物体的技术。

塑木 3D 打印耗材，可以用于打印各种个性化的塑木模型、日用品、艺术品和玩具等塑木制品，如图 1-108 所示（摘自互联网），图 1-108a 所示是艺术装饰品，图 1-108b 所示是打印的玩具及耗材。



a)

b)

图 1-108　3D 打印塑木制品及耗材

a）艺术装饰品　b）玩具及耗材

1.3.15 关于塑木复合材料使用寿命的问题

塑木复合材料作为一种新材料，它的使用寿命究竟有多长？这是生产者、设计者和使用者共同关心的问题。目前，这个问题很难有个准确的答案，因为作为一种复合材料，使用寿命与材料加工过程中的配方成分有着密切的关系。如果偶联剂、相容剂、抗氧剂、紫外线吸收剂、紫外线屏蔽剂和防霉剂等助剂使用不当就会造成使用寿命的下降。有的企业为了降低成本，采取不加或者少加相关的助剂，其结果是产品在很短的时间内严重褪色和强度下降，有的室外铺板使用一年就发生了断裂。如果配方合理，而加工温度、模具结构等工艺条件不当，也会影响产品的使用寿命。

美国有许多企业在销售产品时向消费者承诺使用年限，有的高达 25 年，一般不低于 15 年。我国由于塑木产品发展较晚，缺乏实践数据，关于塑木材料的实际寿命至今仍有争议，一般厂家保证 10 年以上，但也有个别的广告宣传可保证使用 50 年。50 年的承诺肯定是虚假的广告宣传，因为我国塑木企业的诞生至今不到 20 年，而加速老化的试验数据无法科学地折算成使用年限，只能提供相对比较的依据。为了对塑木产品有个客观的感性认识，笔者曾在 2008 年和 2011 年，对成立于 2002 年的国内最早将塑木应用于园林景观企业 —— 南京聚锋新材料有限公司的部分工程跟踪分析。为了进一步了解使用情况和积累数据，2016 年 3 月又对 2003 年以后的所建设部分工程进行了一次回访，现将 10 年以上的部分工程情况分别介绍如下，仅供读者参考。

案例 1：南京沁兰雅筑别墅小区的景观小桥（2003 年建）

该小区建于 2003 年，这个景观小桥（如图 1-109a 所示）是采用 PE 基塑木复合材料建造，经过 13 年的日晒、风吹和雨淋仍保持完好无损 。2008 年回访时发现桥边近水的材料黏附了一层青苔，如图 1-109b 所示，可是在 2016 年回访时可能因为气候干燥，发现青苔已基本消失，如图 1-109c 所示。

案例 2：翠屏清华小区的湖塘围挡（2002 年建）

该翠屏清华小区是从 2002 年开始建设，这是我国早期塑木复合材料在国内住宅小区景观应用的小区之一，也是第一个采用塑木材料建造景观湖塘围挡的工程，塑木立柱浸泡在水中，建成时的情况如图 1-110a 所示，湖塘围挡的立柱在水中浸泡 13 年，大部分没有损坏，如图 1-110b 所示。

a) b)

c)

图 1-109 景观小桥

a）2003 年刚建成时 b）2008 年回访时 c）2016 年 3 月回访时

（图片由南京聚锋新材料有限公司提供）

a) b)

图 1-110 人工湖围挡

a）2003 年刚建成时 b）2016 年回访时

（图片由南京聚锋新材料有限公司提供）

另外，在该小区内采用 PVC 塑木发泡板建造一批弧形休闲椅，如图 1-111a 所示，是当时施工的场面。经过 13 年后，大部分基本保持完好，仅在个别地方有断裂的现象，如图 1-111b 所示。

a)　　b)

图 1-111　弧形休闲椅

a）2003 年施工现场　b）2016 年回访时

（图片由南京聚锋新材料有限公司提供）

案例 3：黄山市世纪广场工程（2006 年建）

目前塑木产品最常用的是铺板与护栏，总体质量在不断提高，以 2006 年 3 月建于黄山市世纪广场的景观工程为例，该工程主要是采用塑木材料建造栈道长度约 1km，栈道两边设有塑木护栏立柱，护栏立柱间用铁链连接，如图 1-112a 所示。在 2011 年回访时发现铁链早已锈蚀断裂，全部换成粗麻绳，如图 1-112b 所示。当 2016 年 3 月第 2 次回访时，发现塑木材料经受了 11 年多的日晒雨淋考验，如图 1-112c 所示，有的麻绳也烂断了，而塑木铺板与护栏完整无缺，仅颜色稍有变化，个别因固定螺钉锈蚀，造成铺板的翘起。这次回访加深了我们对塑木复合材料使用寿命的客观认识，至于还能使用多长时间，有待继续观察。

a)　　b)　　c)

图 1-112　黄山市世纪广场的部分景观工程

a）2005 年建成时　b）2011 年回访时　c）2016 年 3 月回访时

（图片由南京聚锋新材料有限公司提供）

案例 4：南京古林公园盆景园门景（2006 年建成）

该南京古林公园盆景园的门景是在 2006 年建成的，当时情况如图 1-113a 所示，2011 年回访时发现周围树木茂盛，门景的塑木门景完好无缺，如图 1-113b 所示。2016 年回访时，如图 1-113c 所示，经过 10 年时间考验仍保持完好，仅发现颜色稍变浅。

a)

b)

c)

图 1-113　南京古林公园盆景园门景

a）2006 年建成时　b）2011 年回访时　c）2016 年回访时

（图片由南京聚锋新材料有限公司提供）

上述几个案例可以让我们对塑木复合材料的使用寿命有一个概略的认识。在回访过程中也发现有个别产品出现裂纹或断裂现象，这也是难免的，因为工程建设时正处于塑木产品的开发阶段，塑木产品配方、工艺还在研发改进中，尤其在 2003 年前的大部分产品是采用单螺杆挤出机成型的，产品质量难以稳定。经过十多年的发展，产品质量已有大幅提高，因此使用塑木产品的寿命必然会更长，笔者认为现在在正常情况下生产的合格产品，若在户外使用，其寿命达到 15 年以上应该是没有问题的。

下面再提供一幅聚乙烯基塑木与两种天然木材一起在室外日晒雨淋后，进行对比试验的照片（摄自日本积水株式会社的塑木产品室外展示场）。试验产品都是在 2003 年设置，如图 1-114 所示的是在 2011 年 8 月拍摄的，经历了 8 年时间，塑木材料基本完好，天然木材已经发生腐朽。

图 1-114　室外暴露对比试验

1.3.16　塑木复合材料应用的深度开发与前景

随着时间的推移，塑木复合材料越来越引起人们的关注，许多部门正在进行不懈的努力，不断开发新的应用领域。

1. 在建筑工程中的应用开发

建筑业是我国的支柱产业，塑木复合材料除了在室内外装饰应用以外，在建筑工程中的应用也有广阔的前景，尤其是应用在制作建筑模板和脚手架的跳板等方面。

（1）建筑模板　建筑模板是混凝土结构工程施工的重要工具。在现浇混凝土结构工程中，模板工程一般占混凝土结构工程造价的 20% ～ 30%，占工程人工费的 30% ～ 40%，占工期的 50% 左右。模板技术直接影响工程建设的质量、造价和效益，因此它是推动我国建筑技术进步的一个重要内容。

目前，市场上主流的建筑模板分为胶合板模板、金属类模板和塑料类模板。

胶合板模板主要包括木质胶合板和竹胶合板。这类模板幅面大，现场加工比较灵活，能够满足各种平面形式的混凝土浇注，且具有强重比高的优点，是国内外模板工程应用最广泛的形式之一。但胶合板模板循环利用次数有限，据统计，我国用量最大的木胶合板周转次数为 1 ～ 3 次的占 75%，其中周转 3 次的占 23.5%、周转 2 次的占 41.7%、周转一次的占 9. 8%。胶合模板利用次数太少且回收利用率低，对木材资源造成极大浪费，不适合我国森林资源匮乏的现况。

金属模板包括钢模板和铝合金模板。钢模板主要指组合钢模板，通过连接件组装成各种形状和尺寸，与传统的木模板相比，其尺寸稳定性好，适用范围广。

但是在使用中，组合钢模板逐渐暴露出很多问题，如拼缝多，造成混凝土表面平整度差；自重大，搬运与装卸不方便，在高层建筑中，需要借助塔式起重机来完成。此外，钢模板制作工艺烦琐，且钢材生产时对周围环境造成一定的污染，因此钢模板的使用受到了限制。与钢模板相比，铝合金模板自重较轻，可以人工搬运，减少了施工时塔式起重机的使用量，且周转次数多，平均成本低。但铝合金模板对安装人员的技术水平要求较高，前期投入较大，只有在大型群体工程或超高层项目中才能体现出优势，暂不适用于地下室、转换层等非标准层及弧形梁板等。因此，铝合金模板离广泛使用还尚有距离。

随着“以塑代木”“以塑代钢”方针的提出，塑料行业得到迅速发展，人们开始用它来替代传统的建筑装饰材料和建筑模板材料。塑料模板具有耐水性好、不腐烂、不生锈、与水不亲和、不粘连等良好的物理特性，在施工中保证了混凝土表面的平整度，便于搬运与安装。但塑料模板的刚性不足，需要在施工中设立独特的支撑系统或进行多点支撑。另外，塑料模板的热膨胀系数大，当温差变化较大时会产生一定的热变形，不利于工程质量的控制。为此，制造过程中经常添加玻璃纤维进行增强，但细小纤维在生产制造、锯割安装及回收利用等环节都对操作人员的健康造成危害，不符合清洁生产的要求。随着社会的发展，建筑行业对模板用材必然提出更高、更全面的要求。在可利用自然资源日益减少的情况下，如何采用复合与组合的手段利用低质原料制备出高性能用材，将是复合材料行业未来发展的重要方向之一。

近年来，建筑模板用塑木复合材料的研究与利用已经开始受到重视。建筑模板用塑木复合材料具有以下优势：

1）能够缓解钢材和木材等资源紧缺的现状，具有良好的社会经济性，符合可持续发展战略。

2）可采用回收的废旧塑料和木材下脚料、木屑等剩余物做原料，价格低廉，且对环境有利。

3）耐磨性比天然木材好，多次使用后可保持表面平整。又不会像钢模板一样发生锈蚀，因此反复使用的次数多，破损或报废后仍可回收利用。

4）表面平滑，极性小，与混凝土构件黏接性差，易于脱模，所制构件表面平整，达到清水模板的效果。

5）不怕虫蛀、耐腐蚀、吸水性小、在浇捣过程中可减少漏浆现象，使混凝土质量得到提高。

6）尺寸稳定性高，加工性能好，可多次锯、刨和黏接，固定方便。

7）比钢模板质量轻，易于搬运和装卸。

塑木复合建筑模板虽然具备诸多优点，但还不够完善。高比例填充的聚氯乙烯基塑木复合建筑模板弯曲强度偏低，成本偏大，不符合企业的发展战略。据江苏兰蒂斯木业有限公司反馈，在聚丙烯基塑木复合材中采用高比例木粉填充可以降低成本，但模板韧性差，拆模时因人为或意外使模板摔落在地上可导致塑木模板损毁，不但无法发挥塑木模板的优点，而且还增加了经济成本。因此，为满足建筑行业使用要求，还需要进一步提高塑木复合模板的强度、刚度和韧性 。

随着性能研究的不断深入和加工技术的不断进步，塑木复合材料的强度、刚度、韧性和密度将进一步得到完善，综合性能更加优异，能够很好地满足施工技术要求。在国家大力提倡节约使用木材的形势下，塑木复合材料将会越来越多地应用到建筑模板领域中，具有良好的市场发展潜力。

现已有多个单位在开发塑木模板，产品质量不断改进和提高，有的已授权相关专利，塑木模板的大量应用已指日可待。

在国外也已有这方面报道，图 1-115 为德国的一建筑工地正使用塑木建筑模板浇注混凝土。

图 1-115　塑木模板应用

（2）建筑工程的脚手架塑木跳板　目前，国内外有企业或研究部门正在开发塑木建筑板，采用塑木复合材料制造跳板主要需解决抗弯强度和冲击强度，现在普通的塑木材料是达不到使用要求的，因此必须采取增强措施。一种方法是可

以采取塑料改性的方法，加入增强剂和增韧剂来提高塑木跳板的强度；另一种方法是在空心的塑木型材的空心腔内插入钢管、竹等加强材料。也可以同时采用上述两种方法来确保跳板的使用安全。塑木跳板的优点是耐腐蚀、防滑、使用寿命长，重复使用次数多。因此可以预计在建筑跳板的市场中也将占有一席之地。

2. 制造铁路轨枕的应用开发

塑木复合材料在美国的另一个上升市场是铁路轨枕，其市场占有率从 1998 年的不到 1% 上升为 2000 年的 2% ～ 4%，因为铁路轨枕要求选用优质木材，其使用寿命短，一般为 5 ～ 10 年，在热和湿环境下损坏快，若采用杂酚油处理不仅成本高，而且成本不断上涨，还有环境污染问题。1994 年美国开始研究塑木复合材料轨枕，主要原料是废旧聚乙烯塑料。美国芝加哥运输局估计，10 年内塑木复合材料轨枕在其轨枕份额中将上升 25% ～ 30%。美国大量运输系统和主要运输干线正在大量安装这种新型轨枕。该塑木复合材料轨枕可以采用与木质轨枕同样的紧固方法，也能与木质轨枕混合使用，推广方便、成本低。

据了解，俄罗斯早在 1992 年就已经开展了这一领域的专项研究，于 1994 年取得了成功，并已在俄罗斯专利局获得发明证书。其主要原料是木材加工中的废弃物，且其来源和树种不限。1995 年开始在 36 条铁路线上铺设了该种轨枕，进行了长时间的运营试验。

近年来，我国也有部门开发木质剩余物和工业废弃资源，用以研制新型铁路轨枕，可以节约大量木材，变废弃物为宝，使尚未得到充分利用的废弃资源发挥到最大的效能，满足铁路高速发展对轨枕数量和技术性能的要求。轨枕对塑木复合材料质量要求很高，这一项实用技术如果能够研发成功，对我国现有森林环境的保护具有积极意义。

3. 在军事领域的应用开发

（1）军用包装箱　目前我国军用弹药外包装仍然以木箱为主，每年不仅耗费大量木材，而且木包装箱性能存在很大局限性，如强度较低、易霉腐、易虫蛀和不密封等。而塑木复合材料具有塑料与木材的双重特性，其某些性能指标甚至优于塑料和木材，除断裂伸长率、冲击强度较低外，其他各项性能均已达到现有军用包装材料的性能指标范围。通过进一步改进塑木复合材料的物理力学性能，并通过合理的包装箱结构设计来提高箱体的整体强度。2003 年安徽蒙城县铝塑型材公司研发成功采用塑木材料制成军用子弹箱，此箱具有良好的密封性能，如果箱内装水后进行任意翻转均不泄漏，除了自重偏大以外，其他性能均能满足使

用要求。进一步推广还需要有个过程。

（2）在军港的应用　据报道，美国海军的许多码头设施是在二战期间或之后建立的，早已到了它们的退役期。这些材料用杀虫剂处理过，属于有害废弃物，其处理费用很大。由于受环保意识的影响，经过防护处理的木材在海洋环境中使用受到质疑。此外，在比较清洁的港湾，它们还受到日益严重的海洋木蛀虫的危害。替代这些木材最可行的方法莫过于采用各种各样的人造复合材料。因此，迫切需要发展一种更坚固、经济和环保的替代品以取代木材。为了实现这些目标，美国海军投入大量经费，由美国华盛顿州立大学等多所大学、一所国家实验室和工业研究单位组成了一个跨学科的研究组，专门研究塑木复合材料（WPC）用于海军泊岸设施中的可行性，由于多方位的合作促进了该项目成果的快速转化，目前在美国海军港口中已采用部分塑木复合型材作为海军泊岸设施中的甲板、铺板等构件。

（3）采用塑木制作军事用房　由于塑木复合材料可以做成快速拼接的活动房屋，因此适合制作机动性要求很高的各种军事用房，如野战指挥室、临时警卫岗亭和车库等。采用塑木复合材料制成的军事用房与其他材料相比，突出的优点不仅是安装使用方便、便于运输、机动性好，而且容易实现标准化和系列化，适合工厂化生产。因此塑木复合材料在军事用房方面的应用也具有很大的发展空间。

（4）其他军事领域的应用　塑木复合材料可以用来制作军车上的门内装饰板、仪表板的底板、扶手、座位底座和顶板内衬等，还可以制作枪械部件（枪托、手枪护木等）、军用物流托盘、军品仓储隔板和仓库垫木等。

4. 玻璃塑木包装的应用开发

木箱包装是平板玻璃传统的包装方法，在平板玻璃的销售市场中，约80% 使用的是木箱包装（含出口玻璃包装），木箱尽管经过了多次改进，但仍然存在着强度低、稳定性差和使用的辅助材料多、成本高的弊病，加之虫害等诸多因素影响，使出口玻璃因包装不善受阻。木材包装最大的弊端在于对森林资源的破坏，我国的木材资源十分匮乏，近年来保护森林资源、保护生态环境的呼声也越来越高。木材包装的前景不容乐观，集装化运输是平板玻璃的另一种周转使用的运输方式，也被一些厂家广泛应用。但是，铁制集装架不但大量使用钢材，制作成本高，而且在使用时运输和回空费用都较大，远距离及出口运输受限制，操作起来比较困难，致使目前集装架包装占不到

市场总量的 20%，在这种玻璃包装形势下，开发新的代木玻璃包装箱就是大势所趋了。近年来在国内外兴起的塑木复合材料，顺应市场的需要，逐渐在包装行业崭露了头角。正在开发的新型塑木玻璃包装箱便于操作、节能环保、安全可靠，并可以免除熏蒸。当然，在使用过程中，新型塑木包装也会出现新的问题，最明显的就是新型塑木包装与木材包装以及其他各种包装的操作方式，给生产厂家和用户带来一些不适应。塑木复合材料的比重比木材大，但需要解决轻量化的问题以及进一步降低成本等。山东蓝星玻璃集团有限公司的科技人员也曾对此进行了研究，并发表了题为《新型塑木复合材料在玻璃包装上的应用》的论文。

5. 在铁路客车上的应用

中国南车集团四方机车车辆股份有限公司曾对塑木复合材料在铁路客车上的应用进行了可行性的研究探讨，认为可以在下述几方面进行开发：

（1）充分发挥塑木复合材料耐腐性能好的优势，替代贴地板布的胶合板和铝塑复合板，用作客车地板。

（2）用于制作侧墙板、端墙板会起到良好的装饰作用，还可以做车窗的内饰框，可以与墙板饰面协调。

（3）替代贴面胶合板做间壁板可以避免贴面板产生裂纹的弊端，提高装饰效果。

（4）用于制作室内设备，如餐桌等。最有开发价值的是行李车和餐车厨房的离水格，可以满足耐腐蚀、耐磨损的要求。

以上的初步设想有待进一步分别进行论证、试验并加以开发。

6. 在家具应用领域深度开发前景分析

任何一件家具均由材料、结构、外观形式和功能四种要素组成，其中材料是构成家具的物质基础，在家具的发展史上，从用于家具的材料上可以反映出当时的生产力发展水平。应用于家具的材料已经十分丰富，除了常用的木材、金属、塑料、藤和竹等。塑木复合材料用作室外家具在国内外都已经有多年的历史，如凳、椅、餐桌、工具柜和废物箱等，并且不断开发新品种、扩大应用范围。作为一种新型材料是否能被应用到室内家具、替代实木材料、节省木材资源和保护生态环境，这已经成为目前塑木业者关心的问题，并且已经取得了不少成果，如厨房橱柜、盥洗室一体柜和书架等，尽管如此还有很大的深度开发的空间和良好的发展前景。

塑木复合材料具有热塑性塑料的加工性能，采用一般的塑料加工设备或稍加

改造后就可以成型加工，投入资金要求不高，但生产效率很高，因此便于推广应用。如图 1-116 所示，是瑞士宜家公司在 2013 年开发上市的整体一次注射成型的塑木椅子，就是一个范例。

图 1-116　塑木椅子

塑木复合材料属于天然材料的复合体，表面自然、美观、手感好不会产生木刺，制品的外观和质感酷似木材，且易于着色。与原木相比，塑木复合材料具有更好的抗水、抗腐蚀等功能，并且不存在木材自然的缺陷，如龟裂、翘曲、结疤和明显色差等，是生产家具的较理想材料。由于森林资源日趋匮乏，与木材材质相近的、经济美观的塑木复合材料，与实木相比具有竞争力。

采用塑木复合材料制造家具具有理想的环保性，在产品的整个生命周期内（设计、制造、运输、销售、使用或消费、废弃处理）都不会产生对人体和环境有害的物质，报废后可以回收利用，不污染环境。

当然，塑木复合材料用作制造家具与其他材料相比也会有一定的弱势：因为材料线胀系数比木材大，在温差大的场合容易产生热变形；表面硬度低于优质木材；受“实木为优”的传统观念的影响，增加了市场销售的难度；如果采用塑木板材或异型材制造，因为由于联结方式的局限，会使产品的外观设计思路受到影响等。

再者，现在大多数消费者都认为实木家具比板式家具档次高。一方面是因为板式家具的大批量机械化生产使得其成本下降，市场价格远远低于实木家具；另

一方面，由于森林资源危机造成人们对木材的价值判断提高，实木家具的身价也就不断增长。相比之下，密度板、胶合板等人造板材的价值感明显偏低，塑木复合材料往往也会被误认为是人造板材同类材料。这种价值观决定了塑木复合材料家具很难以较大的利润空间挤进家具市场。

塑木复合材料具有突出的耐水性和型材独特的使用价值。卫浴装修风潮和整体厨房的高价位给塑木复合材料提供了进军家具市场的契机，以卫浴家具作为WPC 家具开发的突破口是让消费者认识和接受塑木复合材料的捷径。

我国是塑木复合材料消费大国，但塑木复合材料文化、塑木复合材料知识普及很差，塑木复合材料应用价值远远没有挖掘出来，技术创新在塑木复合材料制品中所产生的利润空间还十分有限，突出塑木复合材料产品功能、突出塑木复合材料技术创新将是塑木复合材料发展的主旋律。

随着塑木工业的不断发展、产品不断创新和消费者环保意识的增强以及认知度的提高，塑木复合材料在家具领域的深度开发具有广阔的空间，发展前景极为看好。

1.4 发展塑木复合材料产业的意义

1.4.1 塑木复合材料是当今多种材料并存时代的产物

塑木复合材料产业属于技术密集、知识密集、人才密集的高科技产业，属新材料产业。发展塑木复合材料产业，具有稳定和发展前景的市场需求，有良好的经济技术效益和社会环境效益，能带动塑料、木材、家具和建材等产业的兴起，必将对提升我国生物新材料产业产品附加值、发展绿色经济、提高经济增长的质量发挥重要的促进作用。

塑木复合材料产业是高效利用塑料、木材和节约资源的新兴支柱产业之一，是可持续发展产业的重要组成部分，是塑料和木材工程相结合的硕果，塑木复合材料产业的进步极大地带动了新材料工业的发展。塑木复合材料由于设计自由度大，可以制造高性能的结构材料和性能优异的功能材料，开发智能材料的潜力极大，它将木材与塑料的组成、结构、工艺、性能和应用等诸多因素进行优化，按需设计，采用新技术和新工艺，制造品种众多的优异产品；它在材料工业高技术发展中起到先导作用，其自身已成为当代新材料工业高技术的重要组成部分。塑木复合材料以速生天然植物纤维为增强材料，以各种塑料或废弃塑料为基材，采用低能耗和少污染的制造技术，是以改善生活环境、提高产品功能和使用价值为

宗旨而设计的材料，其产品可循环利用。目前，塑木复合材料已成为新型生物质材料发展的重点和世人关注的学科前沿研究热点。塑木复合材料开发所面临的最大问题是各组分材料难于相容，界面层的设计和与之相适应的复合新工艺成为核心，前者为研究的“瓶颈”，属于基础性研究，一旦得到成功地解决，将为材料的开发和复合开辟广阔的天地；后者为研究的“归宿”，属于应用性研究，将为制造新型塑木复合材料提供可行的技术，这将大大改善现有的木材与塑料工业的现状，发展我国塑木复合材料产业意义重大。

1.4.2 塑木复合材料是环保呼声日益高涨时代的产物

塑木复合材料是人类主动考虑材料对生态环境的影响而开发的新材料，是在充分考虑人类、社会和自然三者相互关系的前提下提出的新理念，这种新材料符合人与自然和谐发展的基本要求，是材料产业可持续发展的必由之路。塑木复合材料利用木材自身的环境协调性，与塑料复合，发挥各自的特点，变废为宝，减少环境污染，它赋予传统材料以优异的环境协调性和应用性，是具有系统功能的新型材料，在生产的过程中对资源和能源的消耗量比较少，废弃后能够回收再生利用，从生产使用到回收的全过程对周围的生态环境的影响也最小，因而塑木复合材料可以称为“绿色材料”或者“生态材料”。塑木复合材料是各个国家大力发展的新产品之一，属于知识集约型材料。

塑木复合材料产业是我国战略性新兴产业主要内容之一，利用丰富的农林生物质资源，开发环境友好和可循环利用的生物基材料，最大限度地替代塑料、钢材和水泥等材料，是国际新材料产业发展的重要方向。21 世纪以来，塑木复合材料受到发达国家广泛重视，呈现快速发展的势头，以农林生物质为原料转化制造的塑木复合材料正在快速增加，产品经济性正在逐步增强。塑木复合材料具有三个特点：

（1）先进性。能为人类开拓更广阔的活动范围和环境，发挥其优异性能。在发展新材料、新技术体系时，既要考虑到技术环境负担的大小、材料本身对环境的污染程度，又要顾及材料使用时的传统性能，在要求优异的使用性能这一点上，塑木复合材料与传统材料是相同的。

（2）环境协调性。使人类的活动范围同外部环境协调，减轻地球环境的负担，使枯竭性资源完全循环利用。在塑木复合材料的生产环节中，资源和能源的消耗少，工艺流程中采用减少温室效应气体的技术，废弃后易于再生循环。塑木复合材料及技术本身具备环境协调性，这一点区别于传统材料。

（3）舒适性。塑木复合材料使活动范围中的人类生活环境更加繁荣、舒适，人们很乐于接受和使用这种新材料。

塑木复合材料是将植物纤维所有成分复合在一起，没有污染排出，利用废旧塑料进行复合，解决了废弃塑料和废弃植物纤维带来的一系列社会和生态问题。塑木复合材料可以 100% 回收利用，不产生二次污染，这对环境保护的贡献很大，具有深刻的环境保护意义。据测算，每使用 1t 塑木复合材料，相当于减少 6 万个废弃塑料袋的污染，相当于少砍伐 1.5 棵 30 年树龄的桉树。塑木复合材料是寻找在加工、制造、使用和再生过程中具有最低环境负担的人类所需的新材料，以满足人类生存和发展的需要。塑木复合材料按照“减量化、再利用、再循环”的原则，提高能源和资源利用率，减少污染物产生和排放，尽可能减少资源消耗、减小环境代价，实现经济效益和社会效益的最大化，促进了可持续发展。

1.4.3 塑木复合材料是循环经济时代的产物

塑木复合材料在传统材料研究所追求的优异使用性能的基础上，充分考虑资源的有限性和尽可能降低环境负担等因素，采取有效措施，使塑木复合材料具有能够再生循环利用的特性。从塑木复合材料的设计阶段开始，就把塑木复合材料的使用性能同保护地球生态环境、保障生活环境的舒适性充分结合起来，这是对传统材料技术与工程的革新。

目前，可持续发展的循环经济已经成为各国普遍关注的焦点，2012 年联合国可持续发展大会秘书长沙祖康指出：可持续发展有赖于机制、政策和计划之间的协调一致，更需要一个引领机制的旗手。塑木复合材料充分体现了源于自然和归于自然的循环使用特征，符合“资源—产品—废弃物—再生资源”的反馈式循环过程，能够更加有效地利用资源和保护环境，实现国家所倡导的“以尽可能小的资源消耗和环境成本，获得尽可能大的经济效益和社会效益，从而使经济系统与自然生态系统的物质循环过程相互和谐，促进资源永续利用”。随着生产技术水平的不断提高，塑木复合材料逐渐具备了塑料和木材等单质材料的诸多优点，产品特色逐步凸现，逐渐成为一类自成体系的新型材料。它是目前新型生物质复合材料家族中最具活力的一个分支，并逐渐形成了以填充聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）为主的结构型产品和以填充聚氯乙烯（PVC）发泡为主的装饰型产品两大分支。从产业实践和用户需求看，两大类 WPC 制品的发展方向均趋向于仿木制品。由于塑木复合材料具有很强的可塑性，为塑木复合材料产业提供了一条宽阔的发展途径。

“十二五”期间，我国塑木复合材料产业取得了显著的成效，形成了一大批具有自主知识产权的技术。全国性的“塑木复合材料热”正在逐渐兴起，塑木复合材料制品产销量以 30% 以上的年增长率迅速增加。塑木复合材料作为石油基材料与生物基材料的升级替代产品，正朝着以绿色资源化利用为特征的高效、高附加值、定向转化、功能化、综合利用、环境友好化和标准化等方向发展。与国际先进水平相比，我国塑木复合材料产业在产品性能、制造成本、关键技术、技术集成和产业化规模等方面还存在差距，必须加快突破塑木复合材料制造过程的改性及功能化、复合成型等关键技术，促进塑木复合材料低成本规模化生产与示范，构建塑木复合材料研发平台，提升塑木复合材料企业科技创新能力，实现回收资源的有效替代，为塑木复合材料产业培育提供科技支撑。

据测算，生产 1t 塑木复合材料和生产 1t 水泥、钢材、塑料、铝材消耗的能源比是 1 ∶ 4 ∶ 60 ∶ 45 ∶ 130。这就意味着，该产品与其他材料相比要节约几倍、几十倍或上百倍的能源，与此相对应也要减少释放几倍、几十倍或上百倍的 CO_2。从塑木复合材料所具备的特质看，它是目前最能够体现循环经济、低碳经济、生态环保、资源节约和节能减排等可持续发展先进理念，是最具活力的新型生物质复合材料，在《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中被明确列为优先主题的农林生物质综合开发利用和基础原材料领域的研究项目；也是前沿技术·生物技术领域中新一代工业生物技术的载体之一；亦为目前为数不多的，同时名列国家三大鼓励发展的环境资源产业目录的发展类项目，迄今为止已有超过 50 个项目获国家发改委、科技部、农业部和国家自然基金等部委的课题、项目和资金支持。在持续发展的热潮中，国内塑木复合材料经历了从量变到质变的过程，产业群体不断扩大，研发机构和人员逐渐增多，市场拓展前景向好，经济总量连年上升，不少企业的自主创新技术已具备一定基础。从国家政策、产业动态和投资关注等几大要素观察分析，塑木复合材料已经开始从成长阶段向成熟阶段过渡，实现产业跨越和升级已初具条件。

1.4.4 塑木复合材料是资源综合利用时代的产物

自然资源是人类生存和发展不可缺少的物质基础，能源与资源的短缺是我国经济发展与国家安全面临的一个严峻挑战。随着经济的持续、快速发展，资源、能源与环境已经逐渐成为制约我国经济与社会可持续发展的三大瓶颈。转变经济增长方式、实现可持续发展已成为国家的战略目标。随着人口增加、工业化和城市化进程加快，资源消费强度进一步加大，发展塑木复合材料产业是落实科学发

展观、实施节约资源基本国策、发展循环经济、提高资源利用效率、保护生态环境、建设资源节约型和环境友好型社会，实现可持续发展的重要措施，必将加快转变经济增长方式，提高资源利用效率。塑木复合材料是新型木材，创造了“第二森林”资源。天然木材资源不足已成为一个世界性的问题，我国森林面积 2.08 亿 hm^2，森林覆盖率 21.63%。活立木总蓄积 164.33 亿 m^3，森林蓄积 151.37 亿 m^3。我国仍然是一个缺林少绿、生态脆弱的国家，森林覆盖率远低于全球 31% 的平均水平，人均森林面积仅为世界人均水平的 1/4，人均森林蓄积只有世界人均水平的 1/7，森林资源总量相对不足、质量不高、分布不均的状况仍未得到根本改变，林业发展还面临着巨大的压力和挑战。国内的木材供应日趋紧张，发展塑木复合材料产业可以有效缓解这种趋势。

塑木复合材料产业充分利用农林废弃物，包括农作物秸秆等，有助于保护森林，有效减少焚烧农作物秸秆引发的环境污染问题，可以增加农民收入，对构建资源节约型社会具有较大的贡献。塑木复合材料是真正无甲醛的环保绿色材料，塑木复合材料制品具有用途广泛、使用寿命长、耐水、抗酸碱、抗紫外线、不腐烂和维护费用低等特点，赋予这种新型资源综合利用材料无限生命力，得到越来越多的消费者青睐。财政部和国家税务总局下发了《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》通知（财税〔2015〕78 号），明确指出：塑木复合材料属资源综合利用产品，享受增值税即征即退的优惠。

1.5 塑木复合材料的产业结构（产业链状况）

塑木复合材料从某种意义上讲是用木质纤维改性的工程塑料，因此其上游产业与工程塑料的产业相类似，主要包括塑料原料、改性原料、助剂、设备和模具等工业。

塑料原料目前大部分采用的是聚烯烃和聚氯乙烯等回收的热塑性塑料，主要由塑料回收企业经分拣后造粒成塑料粒子，少部分采用的是新料，由塑料市场供应。改性原料主要是木粉或其他木质纤维素，由木质粉料加工企业供应。助剂品种很多，如偶联剂、相容剂、润滑剂、抗氧化剂、紫外线吸收剂和防霉剂等，这些助剂基本上都是由塑料助剂的生产企业供应。

塑木设备与模具企业为了适应和促进塑木工业的发展，其中不少塑料机械和模具生产企业开发出符合塑木材料生产特点的产品，形成一个新的塑木专用产品系列，因此生产塑木复合材料的设备和模具都是由原有塑料机械和模具生产企业开发提供的。随着塑木工业的迅速发展，对塑木生产设备和模具的需求迅速增长，

在这些企业的产品结构中塑木专用设备和模具所占比重也逐步扩大，个别企业成为专业化的生产企业。

目前，塑木工业产品大部分都是采取挤出成型生产的型材产品，下游环节目前主要集中在建材、园林景观、室外家具和物流（仓储及包装）市政工程等行业。而在欧洲有不少产品是采用热压成型制成汽车内饰件，还开发了注射成型工艺制品应用于汽车工业等。

由于塑木产品在我国是一种较新的产品，目前主要还处在推广应用的阶段，规范化的市场体系还未完全建成，因此国内市场还是以直销为主，网上和超市销售渠道正在启动，处于初创阶段，目前正在积极开发。由于国外塑木市场较为健全，因此一些规模较大、产品质量能符合国外客户要求的企业，其产品主要批量出口到国外。

塑木复合材料属于高新技术产品，具有广阔的发展前途，因此企业必须要不断增强自主开发能力。整个塑木产业应与大专院校和科研院所合作，获得研发和创新的技术支持。

根据上述基本情况的介绍，塑木复合材料产业的产业链基本情况如图 1-117 所示。

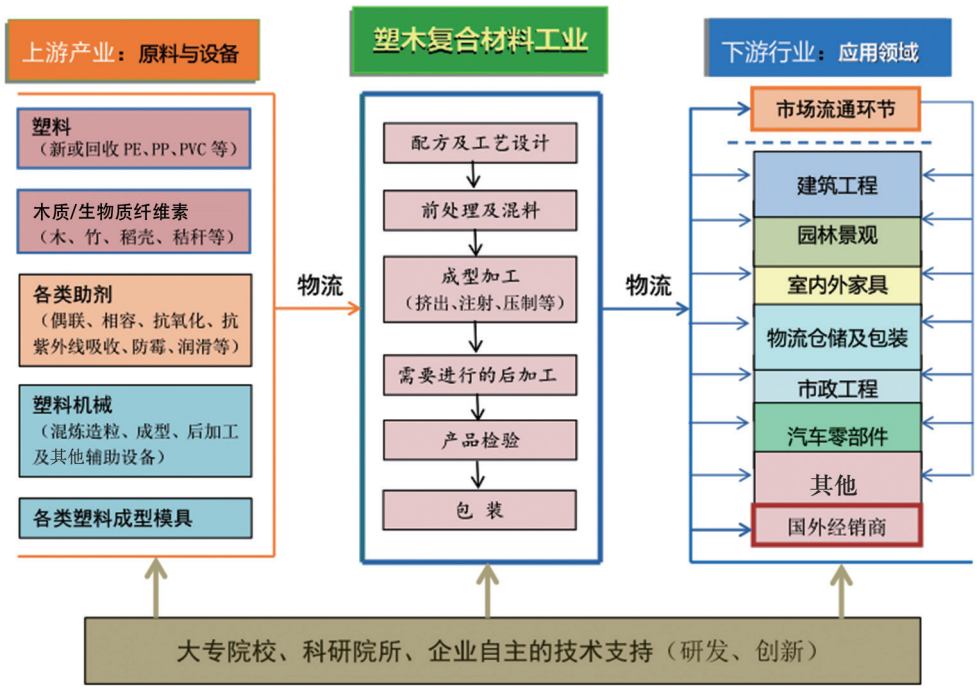


图 1-117　塑木产业的产业链示意图

第 2 章

国外塑木复合材料产业发展情况

2.1 北美

2.1.1 发展概况

1966 年，美国 AMF 公司 Bouling 分部建成了世界上第一条采用催化加热法生产塑木复合材料的生产线，浸渍单体为甲基丙烯酸甲酯，产品主要应用于制作台球杆。

1968 年，美国阿科（ARCO）化学公司采用 γ 射线生产塑木复合材料，用其制作镶木地板。同年，Meyer 第一次将偶联剂引入到木材纤维和塑料的复合过程中。偶联剂的出现使木材纤维和高聚物的界面特性得到了很大的改善，塑木复合材料的物理性能显著提高。

1973 年，Sonnesson Plast AB 公司销售商品名为 Sonwood 的 PVC/ 木粉复合材料，该材料是由木粉和 PVC 复合制成片状，然后挤出成型。同期，意大利 Bausano 公司和 ICMA San Giorgio 公司开始从事木粉填充塑料配混料加工设备工作，并用异向锥形双螺杆机生产 50% 木粉和 50% 聚丙烯（PP）的热成型板材。

1983 年，Lear Corp.’s 公司获得意大利的挤出技术专利许可权，生产汽车内饰材料，产品是约含 50% 木粉的 PP 复合材料（该材料以前叫 woodstock，由意大利 ICMA San Giorgio 和 G.O.R ApplicazioniSpecialiSpA 公司共同发明并申请专利，后者于 1971 年用其生产菲亚特车的门板和其他内饰件），先挤出成平板，然后再热压成型制作汽车内镶板（如门芯板），最后成为福特汽车的内衬板材。此后，塑木复合材料在汽车领域的应用不断有所报道，制造商也开始逐步使用天然纤维代替木粉增强，专利报道逐渐增多，应用领域不断扩大。

1991 年，在美国威斯康星州麦迪逊召开了有关塑木复合材料的第一次国际会议。首次聚集了塑料工业和木制品工业的研究和相关人员。该国际会议的目的是把塑料工业界和林业界的研究人员、行业代表集中到一起，共享塑木复合材料领域的思路和技术。之后，国际会议隔年在北美和塑木复合材料市场有增长的地方召开，后来就定期举办一些塑木复合材料国际会议。1990 年初，

Strandex Corporation 公司发明了高木粉含量（大约 70% 重量比）的塑木复合材料。后来 Strandex 公司将该专利技术许可转让给几家其他公司，推广后使得塑木复合材料中木粉含量逐渐提高，成本大幅度降低，提高了塑木复合材料产品竞争力。

1991 年，美国先进环保回收技术公司（Advanced Environmetnal Recycling Techlologies， AERT，Junction Texas）及其分公司莫比化学公司（Mobil Chemical Company，后成为 Trex 公司）开始生产含有 50% 木质纤维的聚乙烯、聚丙烯基塑木复合材料，主要产品有铺板、野外用型材、野餐桌和工业地板等，同时还生产类似的塑木复合门窗异型材。目前，户外用品已成为发展最快、最大的市场。

1993 年，美国安德森公司（Andersen Corporation）开始为法式门生产木质纤维增强的 PVC 窗框托护栏，后来发展成 PVC 基塑木复合窗生产线，随后 PVC 基塑木复合窗发展成一个很大的市场。

1996 年，一些美国公司开始用木材纤维与塑料混合生产颗粒型原料，造粒后直接提供给厂家使用，使塑木型材的生产厂商省去了一些前处理和造粒过程。1996 年由 4 位美孚高管成立了 Trex 公司，并于同年 4 月上市，成为北美塑木复合材料的领先者。

1997 年，Doroudiani S 等成功将 HDPE 与牛皮纸浆、木粉混合，经造粒、注射成样条，将塑木复合材料的应用领域从挤出拓展到注射，基料也扩展到 PS 和 ABS 等。

2003 年 Chem Mark Rep 报道，北美塑木复合材料生产、开发和应用技术均居全球领先地位，应用量世界第一。

据 Principia Partners 咨询公司专题报告，北美塑木复合材料需求约占世界总量的 85%，2001 年 400kt、2006 年 1 000kt，产值超过 10 亿美元，年增长率超过 25%。增长较快的是各种板材、窗框、门框、栅栏和围墙。其中用量最大的板材，产值从 2001 年的 4.10 亿美元增加到 2006 年的 9 亿美元，塑木栅栏和围墙产值从 2001 年的 1.63 亿美元增加到 2006 年的 3.15 亿美元，而塑木窗框和门框的产值也从 2001 年的 0.65 亿美元增加到 2006 年的 1.35 亿美元。2007 年北美塑木复合材料年需求总量已超过 700 kt。2008 年北美塑木复合材料的应用情况如图 2-1 所示。

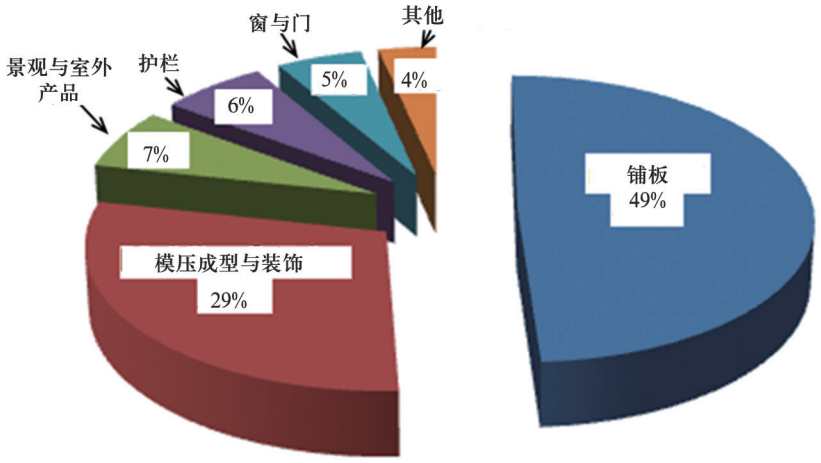


图 2-1　2008 年北美塑木复合材料的应用情况

由于受经济环境的影响，2006 年至 2009 年，北美塑木复合材料的需求量和销售量均出现下降趋势，大部分塑木生产厂商受到损失而停产。以美国最大的塑木生产企业 Trex 为例，2008 年 1—9 月销售量为 30 万 t，到 2009 年同期下降到 21 万 t，而利润同期从 19 万美元变成亏损 18 万美元。

2009 年的市场分析报告却显示，塑木复合材料的需求将每年上升 9.5 个百分点。该报告称："寿命更长，低维护费用和尺寸稳定性高、不开裂、不翘曲等优点无疑使得越来越多的消费者关注此种材料"。随着美孚石油公司对旧塑料袋回收方法的研究，该公司能够将回收聚乙烯和锯末结合起来，生产一种可以用作铺板的塑木复合材料。2010 年北美消费量开始回升到 900kt，年底统计表明，北美塑木复合材料原料树脂中 PE、PP 和 PVC 分别占 75%、12% 和 10%。塑木铺板占总铺板 90 万 t 中的一半，其次为窗框系统，约 12 万 t，包括铺板、门窗框系统的挤出型材和屋面板、墙面板。

塑木复合材料经过长期使用，制造商和研究人员认为传统的塑木复合材料产品需要进一步提高产品的耐用性，主要包括色牢度、耐刮擦、防污性和防霉性。另外，为了扩大销量和市场份额，还必须提高塑木复合材料板材的硬度。为达到这个目的，科技研发人员研究了在传统的塑木复合材料产品的外表面增加一层性能优良的覆盖层，并在产品挤出成型过程中同时完成，于是在 2007 年美国的研究人员发表了首篇研究塑木复合材料产品共挤的论文。2009 年 BASF 公司（密歇根州 Wynadotte）与华盛顿州立大学下属木质材料工程实验室（WMEL）合作开

发一种新型的多层挤出的塑木复合材料板材，充分提高了制品的耐候性。BASF公司生产共挤产品的工艺过程多重挤压系统图解如图 2-2 所示。

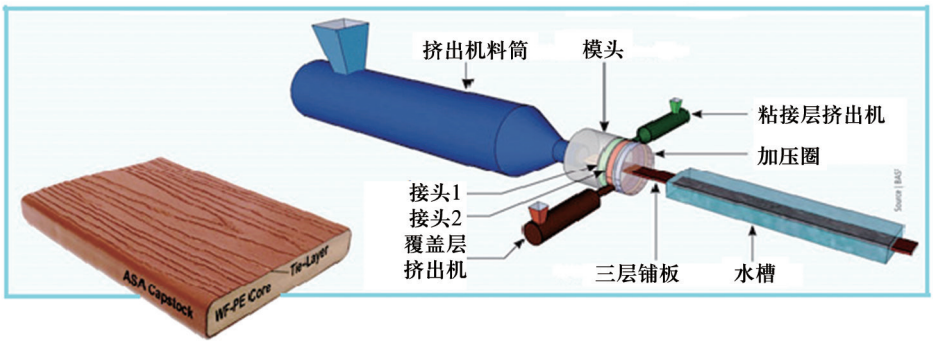


图 2-2　BASF 公司多重挤压系统图解

（图片由 BASF 公司提供）

此后 BASF 公司与一些塑木复合材料板材生产商合作开拓此种新产品的销售市场。这种多重挤出塑木复合材料板材可以利用公司原有的挤出设备生产。此后在美国一些公司陆续推出了塑木复合材料的共挤产品，得到了使用者的认同和欢迎，现在外层采用功能材料改性的聚烯烃共挤的聚烯烃（PE、PP）塑木复合材料已成为美国塑木复合材料产品市场的主流产品。如图 2-3 所示的是美国建材市场销售的共挤塑木产品。

图 2-3　美国建材市场销售的共挤塑木产品

关于美国塑木复合材料产品的年产量，现根据收集到的数据绘制成 2001—2015 年北美塑木复合材料的产量，如图 2-4 所示。

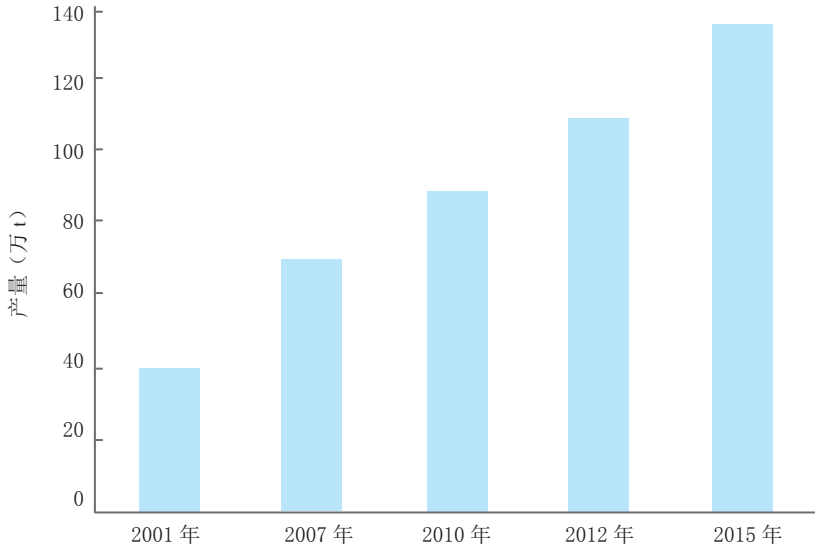


图 2-4　北美塑木复合材料产量

根据全球著名市场研究机构 Freedoniafad 的报告分析，随着建筑行业的逐渐复苏，近年来美国塑木复合材料市场需求以每年 9.8% 的速度增长，预测到 2018 年其市值有望达到 55 亿美元。报告还指出，2013 年美国市场的走强以及基础设施的大范围改造进一步推高了该国对塑木复合材料的市场需求。

市场分析师 Paul Goehrke 表示，装修市场已成为塑木复合材料最大应用领域之一，当前该领域对塑木复合材料的需求占总需求的 1/5 以上。

2.1.2　塑木标准情况

20 世纪 90 年代美国塑木复合材料开始进入逐步发展的阶段，都是由塑料生产企业生产的，在当时的技术水平条件下塑料的含量一般都高于 50%，对于这类产品简称为 RPL（即 Recycle Plastic Lumber）。并开始向建材方向发展，如应用于室外铺板、围栏和船坞等，因此需要有准确测定塑木产品的弯曲强度、刚度，确定其蠕变特性与热膨胀的作用，以及其他力学特性的规范。

1993 年 7 月，为制定适应塑木复合材料产品所需要的测试方法和规范，美国材料试验协会 ASTM D20 下属建立了塑木复合材料及其型材的 ASTM 分技术委员会（D20.20.01）。先后制定了塑木型材抗压性能（D6108）、材料挠性（D6109）、

体积密度与比重（D6111）、压力蠕变和挠性蠕变及蠕变断裂（D6112）、机械紧固件（D6117）、-34.4～60℃条件下测定线胀系数（D6341）和剪切强度（D6435）7 个测试方法标准，并于 1997—1999 年间先后正式颁布。

在制定测试方法的同时，ASTM 还着手制定了有关 RPL 采购和销售的规范。由于用 RPL 制造民用铺板具有显著的市场前景，所以第一个规范就瞄准了这类市场。2001 年 3 月完成《ASTM D6662 聚烯烃基塑木复合材料的铺板规范》的制定并发布实施。2012 年又颁布了 ASTM D 7568-12《室外应用的聚乙烯基结构级塑木复合材料板材标准规范》。

随着塑木工业的发展和塑料改性工艺技术水平的提高，木质纤维的组分超过原标准 50% 的范围。在这样情况下，为适应行业的发展，ASTM 的木材委员会（D07）又制定了 D7031 塑木复合材料产品物理力学性能额定值的标准规范、D7032 塑木复合材料铺板和围栏体系（护栏或扶手）性能等级建立的标准规范，并于 2004 年颁布实施。

由于这样的历史原因形成两套塑木复合材料标准：先是 ASTM 塑料标准化技术委员会（D20）制定的 7 个测试方法标准和 1 个铺板产品标准；后又有木材标准化技术委员会（D07）制定的 1 个测试方法和 1 个铺板和护栏的产品标准。各部标准均在实施过程中对发现的问题进行了次数不等的修订。以 D7032 标准为例，于 2004 年正式颁布后至 2011 年，分别进行了十多次的修订，如 2006 年的版本中主要对中空或薄壁产品的性能试验提出了解决方案。这些标准在加拿大也被引用。

此后 ASTM 塑料标准化技术委员会的小组委员会 D20.20 又制定了 ASTM D7568-13 《室外应用聚乙烯基塑木板材的标准规范》，于 2013 年实施。标准规范中包括了此类产品的订购信息、尺寸及公差、性能要求、试样状态、外观、产品技术数据表、包装材料与包装等内容。

根据目前我国塑木复合材料行业情况，大部分木粉含量＞ 50%，又因为 D7031 测试方法全面，再由于 D7032 考虑到塑木复合材料的特点，合理引入了修正系数，因此我们在制定相应的塑木复合材料国家标准时主要参考这两部标准。

2.1.3 塑木产品质量认证情况

在北美为确保塑木复合材料的质量和使用安全，加拿大和美国分别由有关部门制定相关的塑木产品验收标准或技术规范，并由权威机构进行测试认证。

1. 加拿大

在加拿大，由加拿大建筑材料中心（Canadian Construction Materials Centre，简称 CCMC）制定了 06522 木材热塑性复合材料户外铺板（实心截面）的技术指南（Technical Guide forWood Thermoplastic Composite Lumber Exterior Decking（Solid Cross Section））和 06525《纤维素 / 聚合物复合材料户外铺板（空心截面）的技术指南》（Technical Guide forCellulosic/Polymer Composite Exterior Decking（Hollow Cross-section））。该技术指南分别描述了评估这两种产品的技术要求和性能判断标准，旨在获得 CCMC 鉴定报告。此类产品不能只在任何现行加拿大标准的基础上进行评估。这些要求和标准是用来规定评估产品性能的，它与 1995 年加拿大国家建筑法规的目的是等同的。当评估待测产品时，CCMC 的工作人员根据这里规定的工艺要求和性能标准对产品、测试结果以及安装说明装配规定进行评定。如果评估结果表现出的某些方面的性能等级低于该指导中的预期值，则该方面在产品实际使用中就会导致局限性，所以需要检查厂内质量控制程序，以确保产品质量的稳定性。符合该技术指导的合格评估将获得一份正式的 CCMC 评估报告，该报告仅适用于支持 CCMC 的评估编号的固有认证 ID 的产品。具有评估报告通过认证的产品才能被市场接受。

2. 美国

1994 年创建了国际规范协会 ICC，制定并出版一套全面统一的全国性建筑法规规范范本，发展成为一套没有地域限制的建筑物法规规范范本。

对于作为建材的塑木产品，ICC 于 2006 年制定了《AC109 热塑性塑木复合产品的验收标准》（2008 年 2 月进行了编辑性修订）。另外，对于铺板与护栏 ICC 还制定了《AC174 铺板跨距额定值和护栏体系（护栏和扶手）的验收标准》（2012 年 1 月公布新版）。ICC-ES 是由美国国家标准学会（ANSI）依照 ISO/IEC 17065 的要求认可授权的一家产品评估和认证公司。凭借着近一个世纪的建筑产品评估认证经验和数量众多的建筑产品评估报告， ICC-ES 成为国际上和美国国内最广为接受和信赖的建筑产品评估品牌机构。通过制定评估标准（Acceptance Criteria）（AC）来认可创新产品和技术进入市场。建立了可用来对创新产品和技术客观衡量的评估基准，并提供了 ICC-ES 评估报告认可创新产品的技术指导。评估产品主要有四大类，塑木的建筑产品属于其中木材、木质复合材料类。

ICC 评估机构据此进行检测评估（据了解现在只要通过 AC174 即可）。通过认证的产品可以标识 ICC-ES 评估认证的标志，是产品符合美国国际规范和标

准要求的强有力证据，是成为进入美国市场的许可证，更容易通过美国政府管辖部门的审核，使其产品能够在美国及时使用安装。ICC-ES 是美国建材产品评估认证领域的领导者，在美国 95% 以上的建材评估报告是由 ICC-ES 颁发的。ICC-ES 也是行业标准（ACs）的制定者，拥有 ICC-ES 的认证标志产品的制造商可以在美国全部 50 个州畅通无阻地销售产品，它可以达到严格控制产品质量的目的。我国目前出口到美国的产品，都需要通过 ICC 的认证。

2.1.4 关于国家政策支持

塑木复合材料组分中木质纤维属于生物质材料，美国在 2002 年的公共采购中引入了生物质材料的国家优惠待遇政策，即“联邦 Biobased 产品优先采购项目”（FB4P），它适用于在上一年支出超过 10 000 美元的相关产品。

自从 2005 年开始，按规定百分比的生物材料，可以在确定的某些应用范围内使用，如柴油添加剂 90%、屋顶 20%、水箱涂料 59% 等，产品在多个供应商和证书确认技术特点以及可再生资源产品比例符合要求的情况下，才会被添加到产品目录中，对于符合规定条件的塑木复合材料产品即可享受优惠政策。

总的来说，现在公共部门给予产品目录中包括 97 个类别约 1 万种独立产品理想的优惠待遇。在 2012 年初，美国总统奥巴马承诺将会扩大目录超过 1.5 万种生物质产品。此外，美国农业部 BioPreferred® 程序还包括（自愿）增加消费者识别生物基产品的标签（美国农业部认证生物基产品）。

2.2 欧洲

2.2.1 关于欧盟对塑木复合材料的定义问题

2007 年在颁布的塑木复合材料欧盟试行标准 EN CEN/TS 15534-1-2007 中，将塑木复合材料定义为：“是一种或多种纤维材料和一种或多种热塑性塑料经由塑料加工工艺复合加工或进一步加工而成的材料或产品。”在新的现行标准 EN15534-1-2014 中解释为“由纤维素基材料和热塑性塑料制成的复合材料通常被称为塑木复合材料或天然纤维复合材料（NFC）”，把原来定义中的“多种纤维材料”改成“天然纤维（natural fibre composites）”，并从原来塑木复合材料概念中分离出来，简称为“NFC”。将原来塑木复合材料的概念改变成“木 - 聚合物复合材料（塑木复合材料）”或天然纤维复合材料（NFC）。创造这样一个新术语完全是为了作为材料制造的通用术语，或在很大程度上说明它是来自可再生的有机原料（生物质），强调生物质复合材料基本上是由 NFC 和塑木复合材

料组成。考虑到未来的激励政策，是否被贴上生物材料或者生物质复合材料，这对整个塑木复合材料的市场定位具有重要的作用（在欧盟，激励措施已经体现在美国的公共采购中）。对于塑木复合材料和 NFC 很少有经验的顾客会接受生物质标签，所以客户的接受度也需要详细研究。

另外，还有的在塑木复合材料资料的统计数据中包括热固性塑料基塑木复合材料的数据等，因此在本节的编写过程中塑木复合材料是与本书第 1 章的定义内容一致的，对于不同的部分加以适当的附注或处理。

2.2.2 塑木复合材料发展概况

20 世纪 70 年代的初期，塑木复合材料第一次作为商业用途被瑞典的 Primo 塑料加工公司和意大利的 G. O. R. ApplicatzioniSpeciali 所采用。这种产品被作为 PVC 和木粉的复合材料申请了专利。并经过挤出成型制成菲亚特汽车内部使用的板材。美国李尔公司（Lear Corporation Limited）于 1983 年准许意大利的这种制品在美国应用于汽车内部，从而开始发展塑木产业。从此以后，北美塑木复合材料市场得到了很大的发展。

欧洲塑木复合材料生产和市场虽然远落后于北美，但在 20 世纪初期，出现一个高速度发展的阶段，2005 年生产厂家已达 61 家，其中德国 19 家、英国 7 家、瑞典 6 家、芬兰和奥地利各 5 家。2005 年欧洲市场总量为 99.288kt，到 2008 年增加到 145kt，年均增长率接近 10%。

当时欧洲塑木复合材料最大的用户是汽车工业，占总消费量的一半以上，欧洲汽车生产企业逐步转向用亚麻、大麻等麻类纤维制造汽车的塑木复合材料制件。欧洲塑木复合材料第二大应用领域是建筑材料。2004 年以后，欧洲塑木复合材料铺板已成为除汽车工业应用以外发展最快的产品。虽然塑木复合材料家具量很小，但已有滚塑成型的塑木复合材料椅子，预计塑木复合材料会在高速公路隔声等应用方面获得更多市场空间。

由于受欧债危机影响，2008 年以后塑木复合材料发展相对放慢。随着全球经济的逐步复苏，建筑业的发展也出现反弹，建筑行业是塑木复合材料增长的重点领域，地板也将逐渐发展成为欧洲最大的应用市场。

到 2010 年，欧洲塑木复合材料需求量为 193kt，欧洲从事塑木复合材料生产相关的厂家有 121 家、研究机构 59 家。其中德国占 30%、比利时占 12%、奥地

利占 10%、法国占 6%。Deceuninck、Werzalit 和 Kosche 是欧洲最大的生产商，他们都生产铺板材料和其他产品。塑木复合材料生产商使用的塑料原料，一般使用新料较多，而不是回收料。欧洲塑木复合材料生产企业虽然不多，但其拥有强大的塑木复合材料生产设备制造能力，发展潜力很大。

2012 年，在生产厂商中，挤出成型厂家约为注射成型厂家的 3.6 倍。欧洲塑木复合材料经过几年的市场开发，采用 PE 和 PVC 挤出工艺的数量上升，铺板的应用更日趋增加。PE 基相对于 PVC 基来说更受欢迎，虽然 PVC 能够较好地与木材相混合，同时更具有较好的耐火性能、PVC 基塑木复合材料具有很好的涂覆性能。但是 PE 基塑木复合材料具有更好的热稳定性，这或许就可以解释其在欧洲南部地区使用数量会增加的原因。另外，PVC 的生产环境、使用和售后还有许多问题，PVC 在燃烧时会产生 HCL，因此不宜用于汽车或房屋的室内部分（下水道和电缆保护套除外）。PVC 甚至破坏了塑木复合材料在一些欧洲国家和地区心目中的绿色形象。

2004—2009 年，欧洲塑木复合材料的产量年平均增长率为 11%、2010—2012 年为 9%，据欧盟 Nave 咨询机构的研究报告，2012 年的塑木复合材料的产量为 26 万 t（不包括 9.2 万 t 应用于汽车工业的 NFC 的产量）。铺板的生产量已经超过在汽车工业的应用。

2015 年产量达到 35 万 t，将比 2012 年增长 34.6%。而 NFC 的产量为 9.2 万 t，约为 WPC 的三分之一，其中绝大部分用于汽车内饰件。如果按 2012 年的测算，2015 年欧盟塑木复合材料的总产量可能达到 470 000t。

德国在生产及应用上都处于领先的地位。45%（85 000t）的欧洲塑木复合材料（用于铺板、围栏等建筑材料）都来自于德国的 20 多家工厂。

塑木复合材料不断上升的市场渗透率意味着整个塑木复合材料产量也随之上升，现在欧洲的市场是一个比较成熟的塑木复合材料市场。这项研究报告预测特别是在德语国家和地区，伴随着建设的复苏、塑木复合材料室内装饰量和塑木复合材料公园围栏使用量的上升，整个塑木复合材料的产量也都在不断上升。

根据欧盟 Nave 咨询机构的研究报告，到 2020 年对欧洲的主要应用领域产量预测情况见表 2-1。

表 2-1　到 2020 年对欧洲的主要应用领域产量预测情况

应用领域	主要成型方法	2012 年产量 / 万 t	2020 年产量预测 / 万 t	增长倍数 / 倍
建材	挤出成型	19	40 ～ 45	2.1 ～ 2.4
汽车	压制与挤出后热压	15	20 ～ 65	1.3 ～ 4.3
粒料	注射成型	1.7	11 ～ 22	6.5 ～ 12.9
合计		35.7	71 ～ 132	2.0 ～ 3.7

2.2.3　塑木复合材料的生产工艺

在欧洲，塑木复合材料产业充分发挥了塑料成型工艺的特点，形成了制品制造多样化局面。常见的生产工艺是挤出（含挤压）成型和注射成型，在小范围内，部分欧洲的生产者也在使用其他的技术，比如旋转模塑生产塑木复合材料。在工业实验上尚未表明吹塑生产工艺的可行性。

根据 Nave 报道，2012 年塑木复合材料在挤出成型和注射成型生产中使用热塑性塑料的种类情况，如图 2-5 所示。

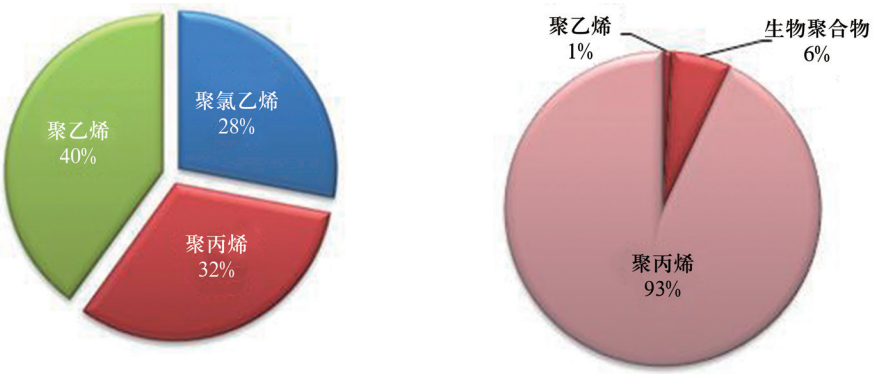


图 2-5　2012 年 WPC 挤出和注射成型生产中使用的塑料种类

a）挤出成型　b）注射成型

2012 年纤维的平均占用量为 52%，纤维中木纤维占 82%、其他纤维占 18%，其他纤维包括：纸浆和纸、改性的木材和稻壳等。

最常见的聚合物基体是聚丙烯（PP），占所有挤出成型份额的 40%。PP 基的份额从 2005 年的 73% 下降到 2012 年的 26%，PVC 和 PE 各占 37%。

1. 挤出成型

挤出成型工艺是应用于制造实心或中空的型材、汽车内部的平板零件、建筑

物内部装饰和混凝土浇注模板及用于其他成型方式的颗粒等。它也是当前世界范围内生产塑木复合材料铺板最常用的生产工艺。

2012 年，在欧洲塑木复合材料产品的 81% 是采用挤出成型工艺。自 1970 年以来，塑木复合材料汽车零部件的制造是在挤出后压成薄板，然后再进行后期热成型加工成门板和汽车内饰件。这是欧洲最早开发的塑木复合材料挤出技术，如今已有改进或发展。

塑木复合材料型材的挤出成型大约可以分为两种方式：一步法和两步法（混炼、挤出）。具体如下：

一步法：

将木质纤维、塑料和添加剂加入挤出机中，然后直接持续挤出。最常见的一步法挤出机是锥形旋转双螺杆挤出机。这些挤出机可以很好地完成塑化、混炼和挤出这三个工序，除了锥形旋转双螺杆挤出机之外，平行旋转双螺杆挤出机具有更高的生产能力。之前有时还会采用单螺杆挤出机塑化塑料基质（如 Reifenhäuser Bi-Truder （www.reifenhauser-et.com））。

两步法：

第一步是采用双螺杆或多螺杆挤出、牵引、造粒。将均匀混合好的料制成球状或柱状颗粒。通过这一步使原材料混合以及均匀化，并有利于去除水分。

第二步是将经复合的颗粒材料再次塑化，然后挤出成型材。这步主要采用的是锥形双螺杆挤出机，使预先混合的材料在挤出过程中因压力变化更加平稳。为了减少热降解 PVC 基料的挤出，主要采用单螺杆挤出机。

2008 年，欧洲采用一步法工艺生产塑木复合材料的占 60%。但是 2009 年以后这个比例逐步下降，因为生产结构发生了变化，一些小规模的生产商（1 000 ～ 3 000t/a）竞争力下降，而生产规模 >10 000t/a 的生产商竞争力上升，并且在生产过程中对材料的把握和了解也进一步增强。这项研究估计，2012 年有 30% 的塑木复合材料颗粒原料是由第三方提供用于型材挤出和注射。在欧洲大约有 45 家供应商提供塑木复合材料粒料，大型的供应商很少，基本上都是小型供应商。

2. 注射成型

注射成型是可以将热塑性塑料制成复杂三维形状的产品，用于注射的颗粒通常是由热塑性塑料、填料、纤维和添加剂通过混炼、挤出和造粒等工序制成。塑木复合材料注射成型的热塑性塑料聚丙烯（PP）的采用达到 93%。

木粉或其他纤维根据其长宽比的不同可以用来做填料或增强材料。欧洲 6% 的塑木复合材料注射成型产品用于装饰仿瓷砖、家具、汽车扬声器和其他消费品等，木纤维的含量为 42% 左右，低于挤出成型制品的含量。

目前，塑木复合材料注射成型是全球最具有吸引力的一种工艺方式。欧洲有机构预测生产塑木复合材料注射成型产品的塑木颗粒原料可能从 2012 年的 1.7 万 t 猛增到 2020 年的 11 万～ 22 万 t，增长 6.5 ～ 12.9 倍。

2.2.4 塑木产品应用领域及市场

铺板和汽车内饰是塑木复合材料在欧洲最主要的应用领域，其次是围栏和墙板，目前天然纤维增强塑料复合材料 NFC 只应用于汽车内饰件，塑木复合材料 NFC 在整个欧洲的复合材料市场（玻璃、碳等）占有率已经达到 15%，这个数字还在不断地增长，未来发展趋势看好。主要应用于汽车内饰领域的 NFC 也渐渐开始向其他应用领域渗透。

塑木复合材料最初被广泛应用于汽车工业，但是现在有很多的塑木复合材料已经逐渐渗透进其他行业，比如采用注射和其他非挤压工艺的塑木复合材料用于家具行业、消耗品和家用电子产品。

欧洲最常见的塑木复合材料产品是铺板、汽车内饰件、墙板、家具和门窗板材等，应用领域所占比重最大的是铺板，2012 年达到了 67%，超过了在汽车工业的应用。美国的塑木复合材料铺板主要采用 PE 制成，并且木粉含量在 50% 以上。传统的北美铺板横截面大部分是实心的。相反，欧洲多为空心截面，由 PP 制成。在北美，铺板板材产品采用较高的挤出速度，而在欧洲生产速度较慢，板材重量相对较小。

PE 基塑木复合材料被广泛应用于装饰和围栏，因为它更稳定、更便宜；而且回收 PE 也比回收 PP 更容易获得。

欧洲塑木复合材料市场正在日益增长，特别是铺板应用领域，但发展还是有一些障碍。因为塑木复合材料毕竟不是木材工业的产品，也不是塑料产业的产品，所以导致了企业具备的知识不平衡。然而，对有生产塑料基础的公司由于了解生产工序，似乎会更有利。塑木复合材料作为固体木材或塑料的一种替代品，仍然不够了解。如 IKEA 之类的大企业，以其塑木复合材料椅子“Ellan”或“Ogla”，在塑木复合材料吸引公众眼球的过程中起到关键性的作用。

2012 年欧洲塑木复合材料总产量为 26 万 t，产品应用领域的分布如图 2-6 所示。

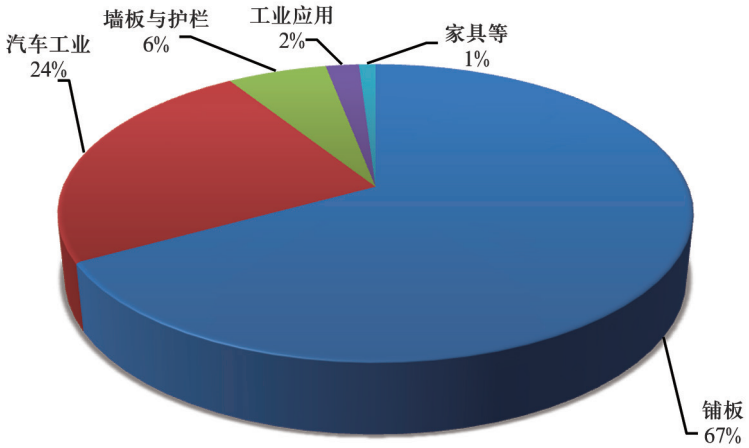


图 2-6　2012 年欧洲塑木复合材料产品应用领域分布情况（Curus et al. 2014）

其中，铺板（挤出成型）处于领先地位占 67%，汽车工业（压制成型）占 24%。虽然墙板、围栏、工业应用（挤出成型）和家具（注射成型）只占少部分，但它们的增长势头很猛。

面对塑料价格的上涨，塑木复合材料颗粒注射工艺方式变得越来越具有吸引力，应用也越来越广泛。2012—2013 年，大三纸公司发布了采用纤维注射 PP 基的塑木复合材料，其中纤维添加量占 20% ～ 50%。主要用于家具、日常消耗品和汽车零部件。

2.2.5　塑木标准与认证

1. 塑木复合材料标准

在欧盟塑木复合材料标准诞生之前，奥地利是欧洲第一个发布塑木复合材料规范的国家，这对欧洲塑木复合材料和 NFC 奠定了基础规范。后来法国制定了 XP T25-501-2:2009-10 增强性纤维 - 亚麻纤维和塑料复合材料的标准：XP T 25-501-1 定义了亚麻纤维增强塑料复合材料的术语，定义了亚麻纤维作为强化塑料复合材料的特性及相关测试方法；XP T 25-501-2 指定了相关测试方法用于测定抗拉强度、断裂拉伸应变、弹性模量（杨氏模量）且基本的亚麻纤维的应力 / 应变曲线与破坏时应变小于或等于 8%。

欧盟的塑木复合材料标准是由欧洲标准化委员会的塑料专业委员会组织起草的。于 2006 年 12 月 29 日讨论通过并采纳了英国起草的草案确定为塑木复合材料的试行标准，2007 年 5 月正式公布，2007 年 6 月 29 日出版了《CEN/

TS15534：2007 塑木复合材料的技术规范》（2007 年 8 月还发布了一份勘误表）。此标准分为 3 个部分：《塑木复合材料　材料和产品性能的测试方法》、《塑木复合材料 材料的性能》和《塑木复合材料 制品的性能》。

在出版该草案后的三年内，对其进行了修订，决定是否升级为欧洲标准。为了得到在实际应用中的信息和经验，欧盟各国暂时使用该草案，并按发布欧洲标准一样公布该技术规范，使其能以适当的形式在国家范围内迅速使用。在升级为欧洲标准（EN）的决定之前，允许同时使用与此标准相冲突的国家标准。

此后根据 CEN/TC 249 - Standards under development 颁布的标准开发计划，制定新的 EN 15534 标准，现已按计划陆续完成，分批颁布。新标准草案包括 6 个部分：《EN 15534-1 材料和制品性能的测试方法》、CEN / TS15534-2 弯曲载荷修正系数的确定、 EN 15534-3 复合材料的性能、EN 15534-4 铺板和地板性能规范、EN 15534-5 共挤型材和地板性能规范、EN 15534-6 护栏性能规范。

2. 塑木复合材料产品认证

（1）CE 认证　CE 认证是构成欧洲指令核心的主要要求，即只限于产品不危及人类、动物和货品安全方面的基本安全要求，而不是一般质量要求，协调指令只规定主要要求，一般指令要求是标准的任务。因此准确的含义是：CE 标志是安全合格标志而非质量合格标志。

不论是欧盟内部企业生产的产品，还是其他国家生产的产品，塑木复合材料产品也不能例外。要想在欧盟市场上自由流通，就必须加贴“CE”标志，以表明产品符合欧盟《技术协调与标准化新方法》指令的基本要求。这是欧盟法律对产品提出的一种强制性要求。

（2）VHI（德国）：塑木复合材料装饰板生产的质量和测试规范　自 2007 年以来，“QualitätsgemeinschaftHolzwerkstoffee.V.”（木质板材质量协会，www.qg-holzwerkstoffe.De）、吉森，德国授予了符合铺板质量的“铺板质量标志”称号。这样的产品具有对健康无害且生产安全的特性。因此销售商可以利用他们给出的这种论点去消除客户对健康和安全的担忧。所有的质量标准都需要在独立的测试实验室中通过测试去确认。材料的技术先决条件是根据明确的生产过程和预期的用途进行审查和记录的。只有产品通过所有的测试才会被授予质量标志。塑木铺板的 VHI（德国）质量标志如图 2-7 所示。

图 2-7　塑木铺板的 VHI（德国）质量标志

为了获得质量标签，塑木复合材料铺板产品需要满足以下属性（VHI 2011）：纤维需要完全来自经过认证的可持续管理森林（FSC 或 PEFC）。不包含其他天然纤维，例如一年生的植物，同时不允许使用回收木材（类别根据可回收木材条例确定）。

使用的聚合物或聚合物混合产品需为 100% 新料或是从早期工业生产中残留的纯树脂等级的树脂。直接回收塑木复合材料生产过程中的残留物是允许的。

在所属范围内的第三方外部权威监督，塑木复合材料装饰板物理力学性能最初检查的评估项为弯曲性能、耐沸水性能、防滑性、长期载荷下弯曲性能及冲击性能循环气候条件下的性能、线胀系数、耐风化、耐水性和尺寸精度等。对塑木复合材料的物理力学性能的要求几乎每一年都在进一步变得严苛，最近的一次是在 2013 年，因而塑木复合材料质量也在不断提升。

该标志在德国和其他欧洲国家和地区都被广泛接受，并且承认在市场中不同的塑木复合材料的不同质量。实际上，目前塑木复合材料铺板标志相比以前具有更高的质量和满足客户期望的耐久性、颜色耐牢性。所以这个标签对欧洲整个塑木复合材料铺板的质量具有一定的影响，尤其是质量标志，为生产商提供了一个简单的向客户宣传的方式。

2013 年 12 月 10 日，德国第五届塑木复合材料会议在德国科隆举行，VHI 总经理彼得提出标志的可持续发展能保证进一步改进质量。他还宣布：当前还正在讨论开放回收木材、回收塑料和除了木材的纤维素材料的质量标签，但前提是物理和力学性能要好。

2.3 日本

2.3.1 塑木复合材料产业发展概况

日本是亚洲塑木复合材料开发比较早和成熟的地区。

1970 年开始从北欧引入了塑木复合材料的成型技术，却未能产业化。

1992 年塑木复合材料开始商品化，但制品发展仍然缓慢，主要原因是：市场容量小；墙板受到防火法规的限制；还不能很好地适应大部分结构材料；要求产品的回收塑料和木材使用量的总和按标准规定进行标识，并且对挥发性物质的释放量和有害物质的溶出量有严格的指标规定；造价比较高，妨碍出口。

1993 年 MISAWA HOMES 株式会社生产的「M ウッド（M-Wood）」室内装饰用的产品（如地板等）开始进入市场销售。

1995 年开发成功栈桥铺板，并上市销售。

1996 年 WPRC（原材料中使用 40% 以上再生材）销售铺板等类室外制品。

1997 年积水树脂（株）（SEKISUI JUSHI Co.）生产开发的「枳木」室外用塑木制品，如凳、椅、室外铺板等上市销售。

1998 年很多企业都开始生产塑木复合材料的产品，当时不少都是采用新的树脂为原料。

以 EIN WOOD（艾因木）株式会社为代表的塑木复合材料研究机构，开发出高品质的塑木复合材料，其产品具有自然的木材色泽和质感，已在房屋建设和室内装饰领域得到广泛应用。该研究机构成功研制出比木屑板、纤维板、密度板和胶合板具有更优良性能的大型塑木复合材料板材。此外，还开发出了专门用于医院、诊所、候诊室和厕所等场所的抗菌塑木复合材料技术。

2001 年制定 JIS A1456《木材・再生塑料复合材料的耐久性试验方法》。

2002 年面向家居中心的木粉比率高的室外塑木复合材料制品开始发展。

2003 年室内装修地板塑木复合材料进入市场。

2005 年日本开始采用废弃木材和容器（如瓶、筒、箱等）的再生树脂为原料制造铺板等塑木复合材料产品。

2006 年日本塑木复合材料协会起草并颁布了日本工业标准 JIS A5741《回收塑料 - 木复合材料（WPRC）》。

2007 年开发出与金属芯材共挤的塑木复合材料产品。

2008 年中国资源综合利用协会木塑复合材料专业委员会与日本木材加工技术协会与木材・塑料复合材料部会之间签订了以技术交流为主的合作协定。

2010 年会员企业取得减少木材砍伐的环保标志。

2010 年开发出用于室外的阻燃塑木复合材料产品，还有具有耐紫外线、防热等保护层的共挤塑木复合材料制品。

2011 年会员企业首次取得 CFP（CARBON FOOTPRINT）碳排放量标志的使用权。

据统计，2013 年塑木复合材料制品大部分应用在室外，其中，铺板占 75%、百叶窗占 20%，其他占 5%。

2014 年参与计划绿色建材、设备制品相关的国际标准化等活动。

目前，在日本塑木复合材料已普遍认知为一种新型生态和谐的材料。每年的产量在逐步增长，但增长速度较为缓慢。

消费者对产品质量要求也在提高，主要表现在产品色牢度和尺寸稳定性方面，并且还希望塑木复合材料产品的木质感进一步增强。

产品性能方面的目标是通过应用各种新技术，提高强度、耐用性能（耐候性、防腐性、抗蚁性）以及阻燃性能等。

对于塑木复合材料来说，正在发展有效的原材料分类和质量改进的技术，特别是住宅拆除的木材（建筑废材）、片材和处理的回收塑料，然后再考虑进一步降低它们的成本。对于利用的木材消耗量占国内木材 50% 就可以得到政府优惠政策的支持。

在塑木复合材料产品开发方面，除了已开发成功的铺板和地板材料以外，还需要开发新技术和新产品。例如注射的高产能工艺和新应用领域的产品，如装饰品类等。

2.3.2 日本塑木复合材料产业行业协会简介

日本塑木复合材料产业行业协会有两个，在行业管理方面的任务也有所分工。

一个是日本木材加工技术协会（Wood Technological association of Japan）下属的木材・塑料复合体委员会，主要任务是发展和普及木材・塑料复合材（塑木复合材料）的制造技术，广泛研究制造与利用相关的技术或信息。通过下属技术研究部解决关于制造相关的生产技术问题、一年召开两次技术信息和市场信息的演讲会，以及进行塑木复合材料体系化相关调查。会员来自公立研究所、企业、大学，会员约 260 人。

另一个是日本建材・住宅设备产业协会（Japan Construction Material & Housing Equipment Industries Federation）下属的木材・塑料再生复合材普及委员

会（Popularization Division of WRPC）。其主要任务是推进塑木复合材料的标准化、系列化活动与塑木复合材料制品的普及与宣传活动。同时，为了公平市场的形成与业界的发展提供互换信息的场所，进行制品的普及、宣传活动。根据市场需求，需要开发多样化机能产品及技术。随着技术性进步和规格的完善，实现持续资源循环社会的目标指日可待，预计 WPRC 的功能会有进一步的扩大。目前企业会员约有 20 家。

2.3.3 塑木制品的销售量

在中国第八届塑木高峰论坛报告中，提供了日本全国从 2008 年至 2014 年 WPC 的销售增长情况，以及 2015 年至 2017 年销售量的预测。2008—2017 年日本 WPC 的销售增长情况及预测如图 2-8 所示，图中红色部分为回收塑料制品的销售量。

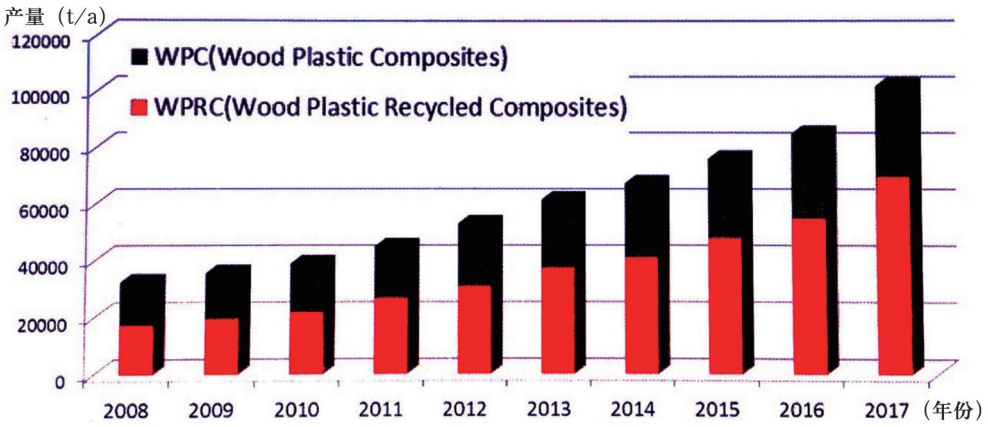


图 2-8 2008—2017 年日本 WPC 的销售增长情况及预测

2.3.4 塑木标准

日本现有塑木复合材料的国家标准有两部分：

1. JIS A5741《木材·塑料再生复合材料》（Wood plastic recycled composite（WPRC））

该标准是由社团法人日本建材·住宅设备产业协会（J-CHIF）/ 财团法人日本标准协会（JSA）参照工业标准原案所制定的日本工业标准，于 2006 年制定，2012 年进行过一次修订，2014 年再次修订。

标准的适用范围主要是对用于建材的“木材·塑料再生复合材料”的再生原

料的种类及混合比例制定了统一的规范，例如再生材料在 50% ～ 60% 之间，标志为“R50”等。并对这种再生复合材料所要求的基本物性及其试验方法做出规定。

2. JIS A1456《木材・塑料的再生复合的耐久性试验方法》（Test methods for durability of wood-plastic recycled composite）

该标准是由日本工业标准调查会标准部委的建筑技术专委会制定，2012 年正式颁布。标准中规定了室外暴露、加速老化、耐高温及低温性能、耐水及耐温水性、冷热循环、耐腐朽性、耐磨性、耐变色性、耐褪色性、弯曲、加速老化和吸水后的抵抗性、加速老化后和吸水后的耐腐性等十几项耐久性试验的试验方法。

在附录中规定了发热性试验及其评价方法。附录中还提供了防蚁、耐疲劳和加速老化后的耐疲劳性 3 个试验的试验方法，作为参考采用。

另外，采用回收料制成的塑木复合材料（WPRC）的产品标准正在起草。

2.4 东南亚

2.4.1 发展概况

据 ASTA EDER 复合材料咨询公司（www.WPC-consulting.eu）报告称：东南亚国家和地区的塑木产业规模虽然较小，但是东南亚地区在 2008—2011 年间的增速已经超过欧洲，并且与欧洲的发展期相当。在 2008—2011 年间，东南亚木塑产量达到 34000t，该调查预测今后还将呈现出快速的增长。并提到：“欧洲塑木市场经历了 6 年的发展，在 2005 年达到了这个产量数字。而在过去 4 年里，东南亚塑木市场的发展在进出口和产量的增长方面超过了欧洲在 2000—2003 年间的增幅”。2011 年东南亚塑木复合材料相关企业情况见表 2-2 所示。

表 2-2 2011 年东南亚塑木复合材料相关企业情况 （单位：家）

国家或地区	生产厂商	室内及造粒	挤出户外制品	销售商	进口商
印度尼西亚	4	0	1	0	2
马来西亚	18	4	6	3	3
新加坡	7	3	3	4	5
泰国	4	1	2	2	0
越南	6	1	2	1	1
总计	39	9	14	10	11

2011 年东南亚主要国家和地区塑木复合材料的产量见表 2-3，据 NOVA 市场研究所（www.nova-institut.eu）2014 年提供的塑木复合材料市场调研报告中报道，东南亚 2010 年产量为 30 000t、2011 年为 34 000t，到 2012 年产量达到 40 000t，年均增速为 15%，生产厂商增至 45 家，平均每家生产 889t。预测规模较小的东南亚木塑复合材料（塑木复合材料）产业，2015 年产量可达到 55 000t，从 2012 年到 2015 年增速为 11%。

表 2-3　2011 年东南亚主要国家和地区塑木复合材料的产量

区域	产量 /t	市场份额 /%
马来西亚	20 000	58.8
泰国	7 000	20.6
印度尼西亚	3 000	8.8
新加坡	2 000	5.9
越南	2 000	5.9
总和	34 000	100

2.4.2　应用领域

在 2000 年至 2003 年，东南亚的塑木复合材料在进口、出口以及产量方面所实现的增长比欧洲高。塑木复合材料产品的应用领域也很广泛，除铺板外，还包括门框和窗框、内墙板、壁板和托盘等。其中马来西亚塑木复合材料应用领域中的 PVC 基塑木复合材料产品占有主导地位，稻壳是木质纤维的主要来源，其次是松木。装饰地板、装饰条以及栅栏都是常见的应用领域。其他还有托盘、窗框和门框以及庭院家具等。

2.4.3　发展趋势

据联合国数据显示，东南亚的经济增长率将会持续在平均每年至少递增 6.6% 左右。住宅和商业建筑的维护是塑木复合材料需求的一个驱动力。塑木复合材料的需求将会在东南亚得到良性的增长，这是因为越来越多的消费者已经接受将这些产品作为热带木材以及好的出口设施的替代物。建筑工业是全球大规模复合材料市场之一，虽然因为居民住宅建造下降受到影响的地区增长较为缓慢，但是欧洲、北美、亚洲等地区在市场方面正保持着强劲的增长势头，因此，东南亚塑木复合材料市场可以取得至少 10% 的总增长率。生物复合材料是全世界关注的发展方向，这种增长的研究活动将会促进塑木复合材料市场的发展，也包括东南亚

国家和地区的塑木复合材料市场。

西方的塑木复合材料生产商主要集中在生产铺板方面，而东南亚除具有生产铺板外还涉及其他的很多领域，例如门框和窗框、内墙板、外墙板、托盘等。塑木复合材料产品大部分是空心截面、聚氯乙烯（PVC）基、木粉填充的型材，主要是从中国进口，其次是日本、北美。但也有一些欧洲塑木复合材料生产商考虑进入东南亚市场，通常东南亚塑木复合材料的出口率和欧洲差不多，但没有中国那么高。随着中国的生产成本增大，东南亚的生产商看到了更多的出口增长机会。总体来说进口比出口低，因为国内市场仍然有待开发，出口估计占到30% ～ 50%。大部分常见填料都是木粉填料，其次是谷壳，但是也有使用柚木、红麻和棕榈纤维的。填料的占有率在 30% ～ 70% 之间变化，填料的平均占有率达到 50%。

2.5 俄罗斯

俄罗斯塑木复合材料产业的发展开始于汽车内饰板材生产，2002 年有 4 家公司采用模压工艺制成塑木复合材料门板或后货架搁板。塑木复合材料片材产量达到总塑木复合材料产量的 16%，并且片材主要在汽车工业中使用。现在汽车行业用的塑木复合材料板材产量的份额在下降，而注射成型的产品在增加。

2010 年俄罗斯塑木复合材料产量为 1 万 t，2012 年增长到 2 万 t，年平均增长 41%。主要生产企业有 30 家，每家企业年均产量为 667t。这个数字可能是世界各塑木复合材料生产国中最低的，因为大多数的制造商是使用生产技术较为落后的低生产率挤出设备，并且产量也不够稳定。

据统计，2013 年塑木复合材料应用领域的情况是：铺板和墙板占 78%，增长速度最快；片材占 16%；窗户制品占 4%；其他占 2%，包括挤出门和门框。

俄罗斯塑木复合材料市场的年均增长率迅速提高，生产商的数量也正在快速增长。2013 年生产厂商的数量比 2012 年增长了一倍多，达到 62 家。最大的塑木复合材料生产商是 Multiplast 和 Techno-Polymer，小型生产企业约占 30%。对于单独生产铺板的 3 家公司（MULTIPLAST，WPC-Engineering，Stavservis），占俄罗斯的总塑木铺板生产量一半以上。俄罗斯在住宅建设领域是塑木复合材料需求的主要驱动力。

俄罗斯的塑木复合材料生产量在 2013 年增长了近 2 700t，以 18% 的年增长率增长；总消费量估计为 5.5 万 t，其中增幅最大的是铺板，增长了 25%。由于

市场变化存在季节性，大约有一半的企业一年仅开工 6 个月。在淡季，一些企业停产或生产库存。即使在旺季，设备平均利用率不超过 70%。

2013 年俄罗斯的塑木复合材料产品超过一半的产品是利用中国的塑木复合材料挤出技术，并用聚乙烯作为基体材料。而大部分塑木复合材料制造商都是采用新塑料生产。使用新塑料的产品占塑木复合材料总消费量的 90%。

俄罗斯政府对发展塑木复合材料产业较为重视，积极加强国际交流。2010 年 9 月，世界第二大塑木复合材料展会在俄罗斯的莫斯科举办。2013 年 12 月又举办了第三届国际木塑复合材料会议，并组织各国业界相互交流。另外通过奥运基础设施的投资，也促进了 WPC 需求的增长，俄罗斯的塑木复合材料产业正在迅速发展。

2.6 其他国家和地区及趋势

随着印度房地产市场的发展，印度塑木复合材料市场有很大的发展潜力。印度市场需要的产品有门、门框、窗，而不是铺板。由于人造板在高湿度环境下会产生分层的情况，这为塑木复合材料板材提供了发展机遇。

印度 2010 年的年产量是 5 000t；2012 年增加到 2.5 万 t，生产厂商有 21 家，其平均年产量为 1 190t；2015 年生产总量达到 7 万 t。

在印度虽然生产塑木复合材料的厂家不多，但生产开发塑木复合材料生产设备的 Hardy smith wood-plastic technologis 公司却有较长的发展历史。

2013 年亚洲其他国家和地区塑木复合材料产品主要是空心铺板，基本情况见表 2-4 所示。

表 2-4 亚洲其他国家和地区的塑木复合材料生产基本情况

国家或地区	产量 /t	生产厂商数量 / 家	主要塑料
韩国	32 000	20	PP
中国台湾	10 000	5	N/A
中国香港	1 000	1	PE

另外，巴西等国家和地区，虽然也有塑木复合材料产品的生产，但规模较小，2010 年的年产量为 1 万 t；2012 年增加到 2 万 t，并有 10 家生产厂商，其平均年产量为 2 000t，略低于中国的 2 133t/a；2015 年生产总量达到 5 万 t。

第 3 章

我国塑木复合材料产业的发展与现状

3.1 我国塑木复合材料产业的发展概况

3.1.1 发展初期概况

早在 20 世纪 50 年代末，随着中国热塑性塑料工业的起步，受酚醛树脂制品的启发，中国的科技人员就已经开始了对塑木复合材料的研究。

1964 年，成都工学院（现在的四川大学）塑料专业毕业生所做的毕业设计，就是和成都塑料厂的科技人员联合开发塑木电杆横担等，他们在 PVC 中加入不同配比的木粉、玻璃纤维等无机材料，进行了强度、绝缘性能的研究。

1974 年，轻工部在哈尔滨召开全国塑料科技工作会议，其中人造木讨论组讨论时，上海化工厂等企业拿出了他们生产的 PVC 塑木圆桌等产品，这是已知我国最早的塑木家具雏形。

20 世纪 80 年代初，上海、湖北的一些企业则进行着塑木复合材料的实践和生产。他们在热塑性塑料中加入 30 份木粉，辅以少量助剂，采用单螺杆挤出胚料，利用人工称量，再用模具压制生产塑木洗脸盆、洗衣板等产品，产品在市场上产生了一定的销售。如图 3-1 所示的是一位长期工作在塑料企业的老同志至今仍保存的一个塑木洗脸盆，这是他 1982—1983 年在湖北枣阳县塑料厂工作时的纪念品，也是中国 20 世纪 80 年代应用塑木复合材料的实证。

图 3-1　20 世纪 80 年代的塑木产品

20 世纪 80 年代中期，福建林学院杨庆贤等在国内进行塑木复合材料的研究，把对木粉和废旧塑料的复合进行了初步探索研究，并开发了几种产品；在此项研究中，把两种材料通过物理方法进行混合。这是我国在塑木复合材料研究方面迈出的重要一步。

20 世纪 80 年代末，中国林科院木材工业研究所开始了对木纤维和 PP 纤维复合材料的研究，研究的内容包括材料的力学性能、加工设备和生产工艺等方面。后来对木材和聚苯乙烯接枝共聚过程中官能团和表面极性的变化进行研究经过脂化反应来降低表面极性，取得了良好效果。对材料的力学性能、工艺影响参数和材料之间相容性的提高等内容进行了研究。唐山塑料研究所、国防科技大学、广东工业大学在低份额添加木粉或植物纤维方面取得了一定成绩。北京化工大学和北汽福田也进行了这方面的设备开发。上海交通大学高分子材料研究所用马来酸酐接枝聚丙烯作偶联剂，提高材料相容性的机理进行了分析研究。廖兵等以氢氧化钠和丙烯腈接枝改性木纤维对木纤维 / 聚氯乙烯（Polyvinyl chloride，PVC）复合材料力学性能的影响进行了研究。我国台北学者也同步开展了 WPC 的研究，尤其对木粉和废弃塑料复合材料的研究较早，力图通过这种塑木复合材料来解决台北的废塑料问题。在这一阶段我国对塑木复合材料的研究已经引起了学者们的重视，形成了一个热潮。

1995 年德国 RENOLIT 集团和意大利 GOR 公司与江苏常编集成科技有限公司、中汽汽车工业国际合作总公司共同投资成立了中外合资常州威士顿有限公司，从意大利引进设备和专利技术，生产经营 PP 基塑木板，产品主要运用于汽车领域，满足德国大众、上海大众和上海通用等多家汽车厂的需求。这可能是在中国境内首家塑木产品的规模化生产企业。因为技术保密，销售对象固定，所以没有在国内产生较大影响。

1997 年我国国家领导人访问加拿大，在访问期间，加籍华裔学者介绍了塑木复合材料在北美的生产和在制作塑木托盘产品上的应用，引起了我国国家领导人的高度重视，将之作为综合利用的措施，在国内宣传推广。

1998 年加拿大未来技术有限公司在中国销售塑木材料的生产技术，在此前后，几个中国的民营小型企业在北京化工学院苑会林老师的技术指导下，以加工塑料制品的设备和经验，将回收塑料和稻壳粉，混合一些石蜡等助剂，采用单螺杆挤出机挤出塑木片料后破碎，再用单螺杆挤出机通过模具挤出，生产出塑木型材，用以制作塑木托盘。这几个民营企业，尽管生产的塑木托盘质量参差不齐，

但这的确是中国塑木复合材料产业中产生的最早一批塑木复合材料生产企业，其中有安徽蒙城恒通塑业有限公司、无锡世南塑料木材制品有限公司、张家港华佳木塑有限公司和江苏无锡南丰木塑有限公司等。他们生产了我国自主开发的首批塑木型材产品，并逐步推向市场。安徽蒙城恒通塑业有限公司的马召义总经理于1999 年 7 月申请了中国第一项 WPC 的发明专利，专利名称是《木塑新材料》、编号为 99111051。

几乎同时加拿大欧尼克、凯帝、未来等公司纷纷进入中国，主要采取以技术入股的形式与国内一些企业合资办起了一批塑木生产企业，由此引入塑木复合材料生产技术。其产品也瞄准了塑木托盘，其中有北京燕郊和诚环境保护技术有限公司（河北和诚投资公司等合资，后由中国包装总公司接收改名为“中国同泰环境科技发展有限公司”）、北京未来远景环境科技发展有限公司、 沈阳沃而得复合材料有限公司（沈阳热电公司投资）、山东齐星凯帝复合材料有限公司（山东滨州热电公司投资）、广州赫尔普复合材料科技有限公司（广州石油化工总公司投资）、广东茂名（众合凯帝）复合材料有限公司（茂名石油化工总公司投资）等。同时，还有一些由国内的塑料科技人员办起的民营塑木生产企业，如山东富瑞得复合材料有限公司、南京聚锋新材料有限公司、张家港联冠科技发展有限公司等。这样就形成了中国塑木产业的雏形。

2002 年 6 月北京化工学院开发成功 PVC/ 木粉发泡塑木复合材料，并发表了《木粉填充聚氯乙烯发泡体系的力学性能研究》的论文。

2003 年南京聚锋新材料有限公司发起建立了“中国塑木网”（www.wpc.cn），报道行业动态，进行技术推广，提供各类咨询等服务，后又发行网刊《中国塑木》杂志，对我国塑木产业的发展起到了积极的促进作用。现在已归南京聚盈科技发展公司经营。经过十多年的努力，已成为一个塑木产业的公共服务平台。

但是在这初始阶段，引进的技术和国内自主开发的技术，其产品都以生产简单的塑木托盘为主，而且生产主要沿用原有简陋的塑料加工设备，原料有的需企业自行回收废料加工，助剂、配方、工艺也由各企业探索，造成塑木托盘产品质量参差不齐，久久得不到市场认可，严重缺乏发展生产的动力，大部分国内塑木复合材料生产企业陷入了困境，导致了塑木产业第一次“洗牌”。

经过几年的优胜劣汰过程，有些企业被淘汰，一些企业依靠自行开发的塑木生产技术，根据塑木产品的耐水等特性，针对室外建材及园林景观市场开发产品。

在塑料设备和模具企业的配合下，进行了研发和试验，获得了成功。塑木复合材料逐步得到了市场的认可，形成了一定的生产规模，成长为塑木复合材料的骨干生产企业。

在这些企业的影响下，受市场的吸引，又有一大批塑木复合材料生产企业诞生。一些助剂、模具、设备生产企业也进入了塑木行业，塑木的原料也逐步由专业的生产企业来供给，室外建材和园林景观塑木产品的质量大大改善。产品参与了北京奥林匹克运动会工程的建设，有的还开始销往国外市场，产量逐年快速增长。图 3-2 所示是 2001—2015 年塑木复合材料的年产量。

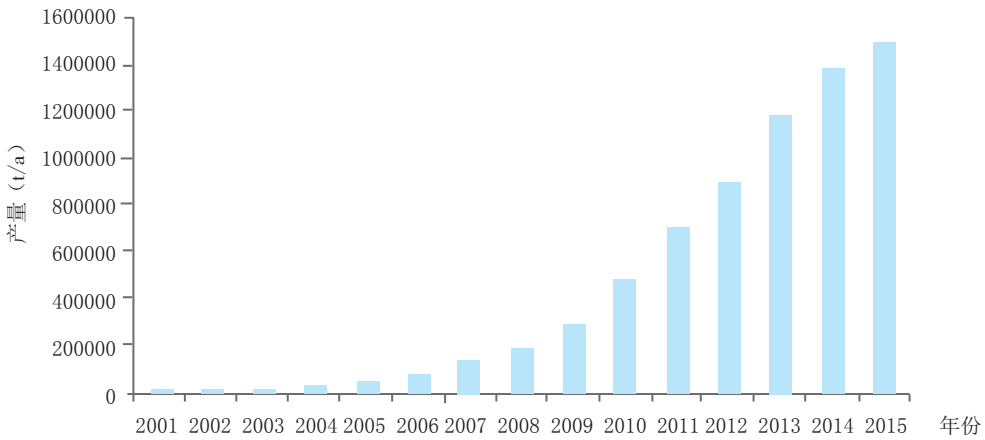


图 3-2　2001—2015 年塑木复合材料的年产量

3.1.2　我国塑木复合材料的发展阶段

1. 萌芽阶段（20 世纪末—2004 年）

20 世纪末到 21 世纪初我国塑木托盘产品开发成功，塑木产业开始在低水平的情况下逐步形成，几乎所有塑木企业都是生产塑木托盘，到 2004 年前后由于价格和品质等问题，出现销售困难，不少企业因经营亏损而倒闭，塑木行业经历了第一次洗牌。

2. 初级阶段（2004—2008 年）

塑木行业经过第一次洗牌以后，探索了新的发展方向，开始朝室外建材和园林景观方向开发，取得了成功，促进了我国塑木复合材料产业的发展，为下游企业快速发展奠定了基础。

3. 成熟阶段（2008—2015 年）

在这个阶段塑木复合材料发展出现了三次高峰，具体如下：

（1）第一次高峰　时间：2008—2012 年。

现象：

1）室外景观塑木复合材料（PE/PP）是本次高峰的主角。市场应用主要在园林景观和室外景观，尤其是它的防水、阻燃、色彩丰富和免维护的优点，在户外景观应用中大放异彩。室外景观塑木复合材料的生产和加工也以大中型企业为主。

缺点：价格较高、施工工艺粗糙、结构欠合理和易损坏等。

2）室内装饰塑木复合材料（PVC）开始逐步进入装饰领域，而且从无到有，从小到大，从少到多，逐步被业内认可和推崇。它代表木质装饰材料的革命性变革的到来。生产企业多以中小型企业为主。

3）PVC 基塑木复合材料门开始进入人们视线。作为一种新型环保、节能的时尚门类新军，它的绿色、保温、隔音、防水和阻燃等特点是市场接受的最大优势，但因有塑料的成分，容易被客户认为是塑料制品，因此它的推广受到很大制约，需要时间和过程，更需要广大生产企业做好前期宣传和推广。生产企业多以大中型企业为主。

（2）第二次高峰　时间：2009—2014 年。

现象：

1）室外景观塑木复合材料应用逐步进入最高潮，并很快趋于稳定，毕竟大规模的户外景观开发多是政府所为，不会很快形成重复建设。而小区开发商也多是景观小品的应用，难以形成大的市场空间。因此，室外景观塑木复合材料的应用高峰相对较短，市场也逐步向建筑材料发展，比如外墙板、模版、枕木等。

2）本次高峰的主角是室内装饰塑木复合材料。塑木装饰材料的独特造型和气质，很快被装饰行业接纳认可，尤其是它的外形魅力和色感、韧度、防水等，是各类装饰材料无法比拟的。另外，简单的施工操作与高效的施工周期也令其他材料望洋兴叹。实现生产企业和装饰行业以及应用客户共享共赢。

缺点：材料怕碰易损坏，规格欠丰富，应用有待进一步开发。

3）塑木复合材料门销售网络逐步建立，离人们的生活视线越来越近，在人们的质疑声中，通过少数率先应用客户的信息反馈和宣传，逐渐被市场所认知。

但性价比的劣势与表面处理的欠缺仍然是快速推广的最大障碍。

（3）第三次高峰　时间：2011—2015 年。

现象：

1）景观塑木复合材料在市场需求中不断调整。室外不同的应用方向成为 PE/PP 塑木复合材料逐步探索和发展的机遇和空间。适度的国际市场也是不可或缺的市场来源，毕竟我国的生产成本和运营成本低于国际环境。但在激烈竞争环境下，生产企业的整合与做大不可避免，中小企业逐步被淘汰或吞并也是水到渠成的结局。

2）装饰塑木复合材料（PVC 塑木复合材料）在发展中逐步达到高潮。材料的二次开发应用是新的利益增长点。

3）塑木复合材料应用于门材逐步成为本次高峰的主角。毕竟塑木复合材料门生产企业大都有着一定的经济实力，有持久的能力，也有必须收回投资的信念。通过积极宣传和合理运作，随着塑木复合材料门给消费者带来实实在在的实惠的同时，塑木复合材料门的市场需求越来越大。

4）塑木的表面共挤和与芯材共挤型材的新产品研发成功，并开始进入市场，尤其是国外市场。

南京林业大学、东北林学院、北京化工学院等院校以及中国科学院等研究单位也投入了不少人员与企业合作，开展了对塑木复合材料的研究。中国的塑木复合材料产业迈过了艰苦的创业阶段。

3.1.3　近期发展的特点及趋势

在“十二五”发展规划中，国家发改委将塑木复合材料的研究开发列入国家重点攻关项目之一，也将塑木复合材料认定为“高技术产业化示范项目”，并被列入《节能环保产业发展规划》环保产品目录中。自 2008 年以来，塑木复合材料制品也已被陆续应用于北京奥林匹克运动会、上海世界博览会和广州亚洲运动会等大型场馆建设中，起到了产品性能检验和示范推广作用。

在塑木复合材料制造工艺技术不断优化，性能不断升级（特别是共挤产品的表面装饰技术）及其产业化规模进一步扩大的今天，它的应用范围已经由原来主要的建筑施工模板、托盘、包装箱、管材、户外景观、铺板和栏杆等逐步扩展到室内家具、装饰、门窗、地板、汽车内饰、电器外壳、运动器材和包装等众多领域。目前，主要产品市场和发展趋势如图 3-3 所示。

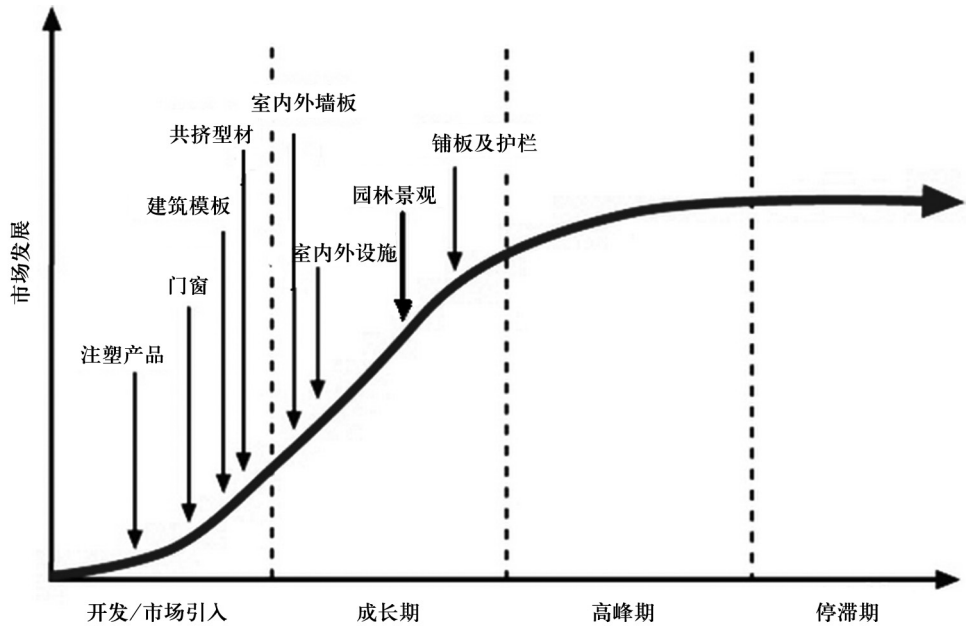


图 3-3　主要产品市场和发展趋势图

同时，塑木复合材料在全世界呈现出高速度发展的态势，一方面其多样化的制品对更多材料的替代和越来越广泛的使用必将使其成为今后人们的日常生活中必不可少的一部分。另一方面，随着社会经济的快速发展和人类生活水平的日益提高，人们进入以健康环保为主体的消费时代，人们的自身健康、生存环境和生活质量成为衡量国民经济发展优劣的重要指标，人们对材料及其加工制品的要求也在不断提升，目光会更加聚焦于“生态、环保、卫生、健康”等能促进人体身心健康、改善生活和工作环境的新型环保功能性材料上。因此，开发高性能并具备某种特殊功能的塑木复合材料将成为发展的主要趋势，在保持塑木复合材料原有的强度、耐久性和独特的装饰性等优点的前提下，不断改善塑木复合材料的界面结合能力，以进一步提升其力学性能并赋予塑木复合材料一种或多种全新的功能，如杀菌抑菌、防霉防腐、抗污、抗静电和防火阻燃等，则无疑可为塑木复合材料的室内外及其更广泛的使用范围进一步拓展奠定基础（如医院设施、公共卫生器具、室内家具和装饰、儿童家具、卫浴家具、公共场所设施及日常生活用品等）。

在此基础上深入研究其复合工艺的优化、功能性的提升与评价、效用改善、作用机制等方面都具有十分重要的理论指导意义和学术价值，也是获得功能性高

附加值塑木复合材料产品，创造良好经济效益、社会效益和今后逐渐满足高端市场需求的有效途径，具有极其重要的现实意义。

3.1.4 两个 WPC 专委会成立促进产业发展

2005 年 4 月中国资源综合利用协会木塑复合材料专业委员会成立。由从事本专业的骨干企（事）业、科研机构等单位发起并参加。隶属于中国资源综合利用协会的新型生物质复合材料产业全国性的专业社团，业务上接受国家发展和改革委员会及工业和信息化部指导。

2007 年 1 月中国塑料加工工业协会塑木专业委员会成立。这是由从事塑木制品的研究、开发、生产、经营的企业及相关单位自愿组成的全国性经济技术专业协作组织，由中国塑料加工工业协会直接领导和管理，并接受中国轻工联合会以及国家民政部社团登记管理处的业务指导和监督管理。

以上这些重大事件标志着中国的塑木复合材料产业进入了正式起步阶段。

中国资源综合利用委员会木塑专业委员会自 2006 年开始在浙江杭州举办了中国（杭州）国际木塑专业技术论坛暨木塑复合材料参与北京奥林匹克运动会建设专题座谈会。以后每年举办一届，2007 年至 2015 年先后在北京、上海等地举行。2012 年 6 月与励展博览集团联合主办的第八届中国（上海）国际木塑专业高层论坛同时举办了“国际工业材料展览会·木塑复合材料专展 No.2”。 2013 年 11 月举办第九届中国（上海）国际木塑专业高层论坛时还举办了“上海国际木塑复合材料专展”。

中国塑料加工工业协会塑木专业委员会于 2007 年 11 月在陕西杨凌召开了首届中国国际塑木复合材料（ W P C ） 发展及现状研讨会。此后，2008 年至 2015 年先后在辽宁沈阳、广东深圳、江苏南京、湖北黄石、浙江慈溪、山东青岛、广东广州和江苏宜兴召开了第二届至第九届国际塑木高峰论坛，对当地区塑木产业的发展起到推动作用。

另外，中国塑料加工工业协会塑木专业委员会与中国资源综合利用委员会木塑专业委员会还在北京、南京、上海等地，分别举办了十多次塑木展销会及塑木培训班，不仅在社会上扩大了塑木产品的影响，还进一步培训了塑木生产专业人员。分别出版了《中国塑木》与《中国木塑》两本行业期刊，积极宣传国家产业政策、报道国内外科研成果、技术进展和市场动态，介绍典型工程案例促进推广应用以及报道相关标准和专利等为塑木产业的发展服务。

两个 WPC 专委会的成员单位还纷纷举办相关活动。塑木专委会会员单位南

京聚盈科技发展有限公司，为了促进建筑和园林设计单位对塑木产品的了解，加强与塑木生产企业沟通，于 2009 年成功创办了“塑木新产品介绍暨工程洽谈会”，至 2015 年先后已举办六届。每届都有塑木生产企业、设计院、大专院校和塑木设备模具企业等单位踊跃参加，参加人数逐年增加，已达近 300 人。对塑木产业链的沟通和对接起了很大的作用，取得明显效果。在两个专委会的领导下，我国塑木产业取得了长足进步。

3.1.5 中国 WPC 产业走向世界

两个 WPC 专委会成立以后，还加强了与国外塑木复合材料产业同行的交往。分别组织我国塑木界人士多次访问美国、日本、欧洲等国家和地区，参加欧美等国家和地区的塑木专业会议。国外塑木专家也与我国塑木界建立了经常的联系，如塑木专委会每年举办的高峰论坛都邀请了众多国外专家参加，2010 年的第四届国际塑木高峰论坛，就有来自美国、加拿大、德国、奥地利、日本、韩国和乌克兰等 12 个国家和地区的 30 多名专家学者参加了此次国际塑木界的盛会，与中国同行共同进行了交流，探讨了 WPC 发展及塑木标准等共同关心的问题。

2007 年南京聚锋新材料有限公司与南京林业大学组团走出国门，赴美国参加两年一届的第 9 届木材与生物纤维复合材料国际会议，与世界各国塑木业界进行交流和讨论；2009 年木塑专委会也组团参加了第 10 届的会议。

木塑专委会与 2014 年组团赴比利时布鲁塞尔参加 2013 世界绿色设计论坛布鲁塞尔峰会，刘嘉秘书长荣获 2013 绿色设计国际贡献（个人）奖，专委会会员企业江苏锦禾高科技股份有限公司荣获 2013 绿色设计国际贡献（团体）奖。2015 年 11 月，应邀参加意大利米兰世界绿色设计组织米兰峰会，专委会成员安徽龙格装饰材料有限公司获绿色设计国际贡献奖。

通过塑木界的共同努力，我国塑木产业的高速发展得到了国外同行的认同，并在国际上产生了重大影响。

两个 WPC 专业委员会在组织、协调、服务与监管方面起到了重要作用，促进了我国塑木产业的高速发展。经过短短的十年努力，我国塑木产业从小到大，年产量也从 2001 年不足 1 万 t 发展到 2013 年的年产量超过北美，首次突破了 100 万 t，成为世界塑木产品的第一生产大国和出口量最大的国家。产品质量不断提高，先后被 2008 年北京奥林匹克运动会、2010 年上海世界博览会和广州亚洲运动会等重要建设工程所采用。近几年塑木复合材料产品销往欧洲、美国、日本和澳大利亚等世界各地近 50 个国家和地区。

在国内高等院校、科研院所与塑木企业紧密合作，取得了一系列科研成果，不仅在各省市通过鉴定或获奖，有的还获得国家的褒奖，由东北林业大学组织、中国工程院院士李坚教授领衔、长江学者王清文教授总负责的研究、推广团队，以“木塑复合材料挤出成型制造技术及应用”获得 2012 年国家科技进步二等奖。南京聚锋新材料有限公司 2012 年接受由国家科技部下达“国家高技术研究发展计划 —— 废旧塑料制备仿生复合材料研究及应用”的研究课题，在与协作单位的共同努力下，顺利完成任务，于 2015 年通过国家科技部的项目鉴定。该项目研究属于《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》支持的重点领域和优先主题，符合国家促进循环经济发展的优先领域与重点发展方向。通过应用示范，促进了废旧高分子回收利用技术的节能减排，提升了废旧高分子回收利用领域的整体技术水平和国际竞争力。

我国的塑木产品还多次在国外获奖，如 2009 年 12 月，在德国科隆举行的第三届欧洲生物质材料产业大会上，青岛华盛公司“木塑复合保温墙板”经过推荐、提名、投票等正规程序，最终由大会主席宣布荣获产品创新奖，这是有正式记载的木塑产品第一次获得国外奖项；2010 年，南京聚锋新材料有限公司与英国客户共同开发了 140H140B、225H41.5 系列产品，用于户外公共设施防护，产品通过英国伯明翰等各个城市的应用，取得了非常好的应用效果，并产生了一定的社会影响，最终获得了英国环保组织机构颁发的“绿苹果”金奖，以表彰塑木产品的环保性和可持续发展。目前，“绿苹果”环境奖已经成为世界公认的最流行的环保运动之一。该奖项已持续了 18 年，并已在英国及国际上成为最重要的环境保护奖励活动之一。

从全球角度看，中国塑木复合材料产量已经超过美国，中国已经成为继北美地区后，塑木复合材料产业发展态势和市场容量最为乐观的区域。特别重要的是，在各方力量的共同努力下，中国塑木复合材料及其制品的制造水平已跃居世界前列，成为目前国内制造业中为数不多的，能够与欧美发达国家平等对话的产业之一。目前，中国塑木复合材料正从塑木复合材料的通用领域进入发展空间更为广阔的生物质塑化材料的高级领域，逐渐成为全球生物质复合材料产业领域一支举足轻重的中坚力量，中国塑木复合材料产业的崛起已经引起业界的普遍关注。

3.1.6 中国及 ISO 塑木标准化概况

1. 我国塑木标准化概况

我国塑木工业形成较晚，开始的时候企业规模都很小，很少有超过 10 条成

型生产线的，后来发展较快，生产能力超过万吨的企业不断出现。在这过程中塑木产业没有一个统一的国家标准和行业标准，有的套用塑料的标准，有的套用木材的标准，有的套用建材的标准，非常混乱。出口到国外的产品，大部分都是根据客户的要求，按客户提出的标准来制定验收条件，在这些条件中很少有专门的塑木标准。随着产业的发展，在生产经营活动中需要标准的迫切性不断提高。由于塑木是个新兴产业，塑木的制标工作又没有统一规划，于是多部门争相制定标准，形成了标准混乱现象。据不完全统计，已颁布实施的塑木标准有 21 部（涉及 12 个管理部门），其中国家标准 6 项（归口于 5 个标准化技术委员会）、行业标准 9 项（归属于 5 个行业）、地方标准 6 项（由 2 个省发布），我国现行的各类塑木标准情况详见表 3-1 至表 3-3 所示。

表 3-1　现行的塑木有关的国家标准（按实施年份排序）

序号	标准号	标 准 名 称	归口标委会
1	GB/T 24137—2009	木塑装饰板	塑料
2	GB/T 24508—2009	木塑地板	人造板
3	GB/T 29365—2012	塑木复合材料 人工气候老化试验方法	质量监管重点产品检验方法
4	GB/T 29418—2012	塑木复合材料产品物理力学性能测试	塑料制品
5	GB/T 29419—2012	塑木复合材料铺板性能等级和护栏体系性能	塑料制品
6	GB/T 29500—2013	建筑模板用木塑复合板	轻质与装饰修建筑材料

表 3-2　现行的塑木有关的行业标准（按实施日期排序）

序号	标准号	标 准 名 称	归口行业
1	BB/T 0020—2016	组合型塑木平托盘	包装
2	LY/T 1613—2015	挤压木塑复合板材	木材
3	QB/T 4161—2011	园林景观用聚乙烯塑木复合型材	塑料制品
4	QB/T 4492—2013	建筑装饰用塑木复合墙板	轻工
5	JC/T 2224—2014	室外装饰用木塑墙板	建材
6	JC/T 2223—2014	室内装饰装修用木塑型材	建材
7	JC/T 2222—2014	木塑复合材料术语	建材
8	JC/T 2221—2014	建筑用木塑门	建材
9	HJ 2540—2015	环境标志产品技术要求 木塑制品	环境保护

表 3-3　现行的塑木有关的地方标准（按实施日期排序）

序号	标准号	标 准 名 称	发布部门
1	DB65/T 3426—2012	塑木套装门	新疆质监局
2	DB44/T 970—2011	塑木复合材料及其制品的回收与再生利用技术规程	广东质监局
3	DB44/T 1290—2014	木塑围栏安装技术规范	广东质监局
4	DB44/T 1289—2014	木塑墙板安装技术规范	广东质监局
5	DB44/T 1291—2014	木塑防霉性能测试方法	广东质监局
6	DB44/T 1288—2014	户外木塑地板铺装技术规范	广东质监局

2. 我国塑木行业参加 ISO 组织的活动情况

我国由塑料制品标准化技术委员会（TC48）推荐南京聚锋新材料有限公司两名专家（丁建生、朱方政）参加 ISO 的 WPC 工作组（WG11），经国家标准化管理委员会批准，正式加入 ISO 国际标准化组织，国际标准化组织塑料技术委员会（TC61）中塑料制品分技术委员会（SC11）下属的 WPC 工作组（WG11），简单表述为 ISO TC61/SC11/WG11。

2011 年参加了在马来西亚吉隆坡召开的 ISOTC61 第 60 届年会，讨论通过韩国 Dr. Oh 提出的《Test methods for natural fibre-reinforced plastic composite （NFC） deck boards》（天然纤维增强塑料复合材料铺板测试方法）提案。

2012 年参加在西班牙巴塞罗那召开的 61 届年会，该提案形成工作组草案（WD），并在年会上进行讨论；。

2013 年在苏州召开的 62 届年会上，继续讨论 WD 稿，通过后与会代表一致同意直接进入询问草案（DIS 草案）阶段。

会上聚锋公司提出了制定《塑木复合材料 - 跨距 / 承载值的确定》国际标准的提案，并于 2014 年 3 月正式提交 ISO 进行投票。

2014 年 7 月在美国夏威夷的第 63 届会议，ISO 16616 询问草案（DIS）通过，并于 2015 年正式发布。

这次会议韩国、美国、法国、日本、马来西亚、印度等国代表对中国提出标准草案进行了审查。经投票表决，一致同意标准草案正式立项。经 ISO 批准，项目编号和名称为 ISO N 1304（N1271 因为投票无效被取消，后经重新投票，编

号为 1304）《Wood plastic composite （WPC） deck boards-- Determination of span and load carryingcapacity》塑木复合材料铺板 —— 跨距承载值的确定），归口于 ISO TC61/SC11/WG11。

2015 年 3 月起草小组完成 ISO N1304 工作草案（WD 稿）的编制，7 月在江苏宜兴组织了国际标准 ISO N1304 国际标准《塑木复合材料铺板 —— 跨距承载值的确定》国内工作组的启动会议，介绍和讨论了此稿，出席会议的有国际标准化管理委员会国际合作部、全国塑料制品标准化技术委员会、中国塑料加工工业协会、中国塑协塑木专业委员会的各位领导、部分塑木厂家及工作组成员。此后提交到 ISO 网络工作平台后投票通过，并在 ISO TC61 印度新德里年会讨论。

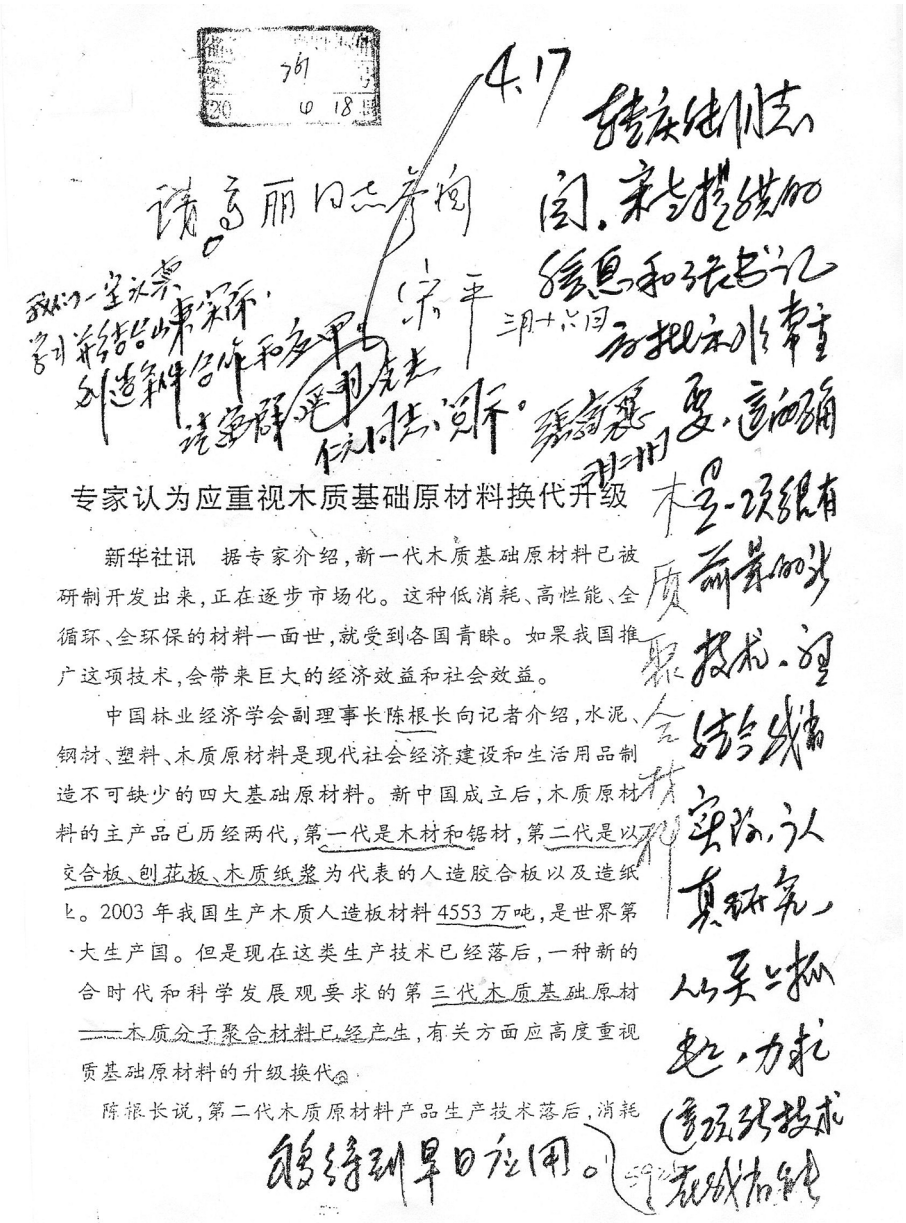
2016 年 3 月完成标准的委员会草案稿（编号 CD 19821）的编制，标准的名称确定为 ISOCD 19821《Determination of Span Rating for Naturalfibre-reinforced Plastic Composite （NFC） Deck Boards》（塑木铺板跨距承载值的确定） 并于 4 月 28 号至 6 月 28 号投票通过。9 月在德国柏林第 65 届年会讨论 CD 稿投票通过，并形成询问草案（DIS 草案）

目前起草小组已向 ISOTC61SC11 提交标准 DIS 稿，准备进入 DIS 投票阶段。投票通过将按程序进行发布，预计在 2017 年有望正式实施。

另一部标准 ISO CD 20819《Product Specification for Wood plastic recycled composites》（木粉 / 再生塑料复合材料规范）由日本代表提出，与 ISOCD19821 的进程基本相同。

3.1.7 技术政策和产业政策引领塑木产业发展

在塑木复合材料的发展过程中，中国政府给予了大力的政策扶植，高新技术企业扶植、高新技术产业化扶植、综合利用产业支持等一系列政策先后出台（见本书第 3.2.1 节），推动了中国塑木产业的快速发展。2004 年负责科技发展工作的国家领导人宋平同志曾经专门就发展塑木复合材料做出重要指示，并将一份“专家认为应重视木质基础原材料换代升级”的参考材料（内容为介绍“木质分子聚合材料”），批示给时任山东省省委书记的张高丽同志（见图 3-4）。



专家认为应重视木质基础原材料换代升级

新华社讯　据专家介绍，新一代木质基础原材料已被研制开发出来，正在逐步市场化。这种低消耗、高性能、全循环、全环保的材料一面世，就受到各国青睐。如果我国推广这项技术，会带来巨大的经济效益和社会效益。

中国林业经济学会副理事长陈根长向记者介绍，水泥、钢材、塑料、木质原材料是现代社会经济建设和生活用品制造不可缺少的四大基础原材料。新中国成立后，木质原材料的主产品已历经两代，第一代是木材和锯材，第二代是以胶合板、刨花板、木质纸浆为代表的人造胶合板以及造纸。2003年我国生产木质人造板材料4553万吨，是世界第一大生产国。但是现在这类生产技术已经落后，一种新的合时代和科学发展观要求的第三代木质基础原材——木质分子聚合材料已经产生，有关方面应高度重视质基础原材料的升级换代。

陈根长说，第二代木质原材料产品生产技术落后，消耗

图 3-4　国家领导人宋平批示

发展循环经济是国家经济社会发展的一项重大战略。国务院发布《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》，在环境领域中优先主题“综合治污与废弃物循环利用”中提出开发非常规污染物控制技术、废弃物等资源化利用技术，重污染行业清洁生产集成技术、建立发展循环经济的技术示范模式。《国民经

济和社会发展第十二个五年规划纲要》指出，按照减量化、再利用、资源化的原则，减量化优先，以提高资源产出效率为目标，推进生产、流通和消费各环节循环经济发展，加快构建覆盖全社会的资源循环利用体系。推进农林废物资源化利用和工业固体废物综合利用率达到 7 2 %。国家发改委根据《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》关于“提高资源综合利用水平”的总体要求，提出“十二五”资源综合利用指导意见。重点开发废塑料回收、分拣、清洗和分离等预处理技术和设备，鼓励废旧塑料瓶、废旧地膜高值利用，推广废塑料再生造粒和改性以及生产木塑制品。《中华人民共和国循环经济促进法》将发展循环经济确立为国家经济社会发展的一项重大战略，于 2009 年 1 月 1 日起施行，公布实施了《再生资源回收管理办法》等法规规章，标志着我国循环经济进入法制化管理轨道。

国务院及有关部门加强循环经济发展战略和建设节约型社会的部署。国务院发布了《关于加快发展循环经济的若干意见》，提出要大力发展循环经济，实现经济、环境和社会效益相统一，并对发展循环经济工作做出了全面部署。2005 年《国务院关于做好建设节约型社会近期重点工作的通知》指出：尽快建立健全促进节约型社会建设的体制和机制，逐步形成节约型的增长方式和消费模式，以资源的高效和循环利用，促进经济社会可持续发展。国家科技计划继续加大对节约资源和循环经济关键技术的攻关力度，组织开发和示范有重大推广意义的废物综合利用技术、循环经济发展中延长产业链和相关产业链接技术、可回收利用材料和回收拆解技术、绿色再制造技术等，努力取得关键技术的重大突破。特别提到开展秸秆综合利用，推行农资节约；完善资源综合利用和废旧物资回收利用的税收优惠政策；必须把木材节约和代用作为发展循环经济、建设节约型社会的一项紧迫任务，作为资源节约综合利用的一项重要内容。2013 年，国务院印发《循环经济发展战略及近期行动计划》指出：发展循环经济是我国的一项重大战略决策，是推进生态文明建设战略部署的重大举措，是加快转变经济发展方式，建设资源节约型、环境友好型社会，实现可持续发展的必然选择。为指导和推动循环经济加快发展编制了《循环经济发展战略及近期行动计划》，对发展循环经济作出战略规划，对今后一个时期的工作进行具体部署。2015 年国务院印发《中国制造 2025》指出：制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。选择的十大重点领域，包括新材料。推进资源再生利用产业规范化、规模化发展，强化技术装备支撑，提高大宗工业固体废弃物、废旧金属、废弃电器电子产品等综合利用水平。国务院办公厅转发发改委等部门《关于加快推进木材节约和代用

工作意见》指出：在包装、运输业继续推广塑料、金属、竹材等非木质包装和木塑复合包装。为加快转变经济发展方式，推动产业结构调整和优化升级，完善和发展现代产业体系，国家发改委根据《国务院关于发布实施＜促进产业结构调整暂行规定＞的决定》会同有关部门对《产业结构调整指导目录（2005 年本）》进行了修订，形成了《产业结构调整指导目录（2011 年本）》，包括：农作物秸秆综合利用、木基复合材料技术开发、木质复合材料综合利用、生物可降解塑料及其系列产品开发、塑木复合材料。2006 年国家发改委、财政部、国家税务总局印发《国家鼓励的资源综合利用认定管理办法》，对符合国家资源综合利用鼓励和扶持政策的资源综合利用工艺、技术或产品进行认定。经认定具备资源综合利用产品或工艺、技术的企业按规定可享受国家资源综合利用优惠政策。

循环经济技术列入国家科技发展规划和计划。为提高再生资源回收量，使我国再生资源利用技术达到发达国家先进水平。国家发改委从 2004 年开始，组织实施“资源综合利用关键技术国家重大产业技术开发专项”，通过该专项的实施，进一步开发大用量、高效益的资源综合利用技术，努力实现经济增长方式的转变。在再生资源综合利用技术中，提出重点开发废塑料改性利用技术，废塑料制再生塑料深加工产品利用技术；在新型节材技术中，提出重点开发木塑（塑木）复合材料及制品的开发应用技术。2005 年国家发改委、科技部联合制定了《国家重大技术装备研制和重大产业技术开发专项规划》，围绕重点产业、重点领域、重点行业和重点企业，组织实施 10 项重大技术装备和 10 项重大产业技术项目。拟重点攻克一批共性、关键技术，带动产业结构调整和优化升级，提升产业的核心竞争力。在再生资源利用技术中，进一步提出重点开发废塑料制再生塑料深加工产品利用技术和装备。在木材节约和代木包装技术中，进一步提出重点开发塑木复合材料及其制品。为推进资源节约综合利用和环境保护技术进步，加快新技术的推广应用，促进经济社会可持续发展，国家发改委、科技部和国家环保总局三个部门联合公布了《国家鼓励发展的资源节约综合利用和环境保护技术》260 项技术。阐述了利用城市垃圾中混杂废塑料制造代木材料的技术内涵和发展方向，即利用城市固体垃圾不可造粒回用的杂废塑料丢弃物和农作物秸秆或废弃锯末粉，经混合改性，加压、加热捏合，特制的设备与特制的改性剂，将废 PP、PE、PS 和 PVC 等多种高分子与木质填充相溶至一定流动性后挤出，用压力机经模具压制，极性与非极性材料相溶与增强。废塑料干洗技术不需要水、无排放污染。原料中约含不低于 30% 各类杂物同时成型利用。通过实施一批循环经济技

术产业化示范项目，推广应用了一大批先进适用的循环经济技术。

3.1.8 金融、财政、税务支持促进塑木产业发展

塑木生产企业大都是中小企业，资金是长期困扰企业发展的瓶颈。针对中小企业发展面临的实际问题，各银行业金融机构加大金融产品研究和创新力度，灵活运用货币信贷政策工具，着力解决中小企业贷款难、融资难问题。明确提出两个“不低于”目标，即小企业信贷投放增速不低于全部贷款增速，增量不低于上年。从制度建设、组织创新、总量倾斜、产品与服务创新等方面推动各行中小企业金融服务的专业化经营，有效加大对中小企业的信贷投放，为中小企业在非常时期发挥吸纳就业和刺激内需作用提供强有力的资金保障。

中央和地方财政设立了专项资金支持实施循环经济重点项目和开展示范试点。财政部会同国家发改委、科技部和工信部等部门通过中央预算、科技项目、技术改造等项目支持资源循环项目技术攻关和产业化应用。财政部会同发改委将资源节约和环境保护列入中央预算内投资项目，支持循环经济试点单位和经济技术示范推广项目，包括农作物秸秆、废弃木材综合利用、环保型塑木建材，组织实施了“利用农林废弃物制造环保型建材及制品建设项目”。财政部会同科技部通过各类计划实施了“循环经济决策支持和系统构建关键技术研究与示范”“竹类资源环境友好经营与循环利用关键技术研究与示范”“石化火炬气回收及聚烯烃废弃物高值利用的关键技术开发与示范”“清洁生产与循环经济关键技术开发与应用”等项目，突破了废物资源化关键技术以及循环经济集成技术与重大装备，研究制定了促进循环经济发展的标准、政策等支撑保障体系，形成重点行业和区域的循环经济发展技术模式。财政部会同工信部突出重点领域、重点行业，加快提升循环经济水平，选择产业链长、废物产生量大的行业开展试点，探索循环经济发展模式，加大循环经济技术开发和应用推广力度。在安排中央预算内技术改造投资时，把资源综合利用、再制造和固体废物利用等作为支持的重点方向。

财政部会同税务部门制定了资源综合利用产品和劳务等的税收优惠政策，主要有以下内容：

—— 高新技术企业。塑木企业一旦被认定为高新技术企业，可以享受 15% 的优惠所得税率，相当于在原来 25% 的基础上降低了 40%。符合条件的技术转让所得免征、减征企业所得税。一个纳税年度内，技术转让所得不超过 500 万元的部分，免征企业所得税；超过 500 万元的部分，减半征收企业所得税。

—— 研发费用加计扣除。企业为开发新技术、新产品、新工艺发生的研究

开发费用，未形成无形资产计入当期损益的，在企业所得税税前据实扣除的基础上，再按照研究开发费用的 50% 加计扣除；形成无形资产的，按照无形资产成本的 150% 摊销。

——资源综合利用企业所得税优惠目录（2008 年版）。综合利用资源：废塑料、农作物秸秆及壳皮，产品：塑料制品、代木产品。

——资源综合利用及其他产品增值税政策（2008 年 12 月）。生产原料中掺兑废渣比例不低于 30% 的特定建材产品，免征增值税。

——再生资源增值税政策。对符合退税条件的纳税人 2009 年销售再生资源实现的增值税，按 70% 的比例退回给纳税人；对其 2010 年销售再生资源实现的增值税，按 50% 的比例退回给纳税人。

——以农林剩余物为原料的综合利用产品增值税政策（2009 年 12 月）。对纳税人销售的以农作物秸秆等四类农林剩余物为原料自产的综合利用产品由税务机关实行增值税即征即退办法，具体退税比例 2009 年为 100%、2010 年为 80%。

——中国资源综合利用技术政策大纲（2010 年第 14 号）。推广利用废旧塑料、废弃木质材料生产木塑材料及其制品技术。对符合条件的增值税一般纳税人销售再生资源缴纳的增值税实行先征后退政策。具体退税比例 2009 年为 70%、2010 年为 50%。企业以《资源综合利用企业所得税优惠目录》规定的资源作为主要原材料，生产国家非限制和禁止并符合国家和行业相关标准的产品取得的收入，减按 90% 计入收入总额。

——调整完善资源综合利用产品及劳务增值税政策（2011 年 11 月），实行增值税即征即退 80% 的政策。

——资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录（2015 年 6 月），塑木（木塑）制品退税比例 50%。

在短短十多年时间内，WPC 行业协会的企业成员从开始的二三十个，增加到几百个，塑木产业形成了一条较完整的塑木复合材料产业链，并带动了整个产业链的发展，塑木加工设备和模具不仅满足了国内的需求，而且还出口到国外，我国自行开发的塑木复合材料生产技术也日趋完整。

目前我国塑木产业已进入快速成长阶段，在《中国制造 2025》的战略规划指引下，通过实现生产技术智能化、产品品种多样化、应用领域扩大化，努力提高产品质量，我国塑木产业一定能达到从“世界大国”转变为“世界强国”的远大目标。促进资源综合利用的政策法规一览表见表 3-4 所示。

表 3-4　促进资源综合利用的政策法规一览表

序号	文件名称	发布时间	发文单位（文号）	内容概要
1	关于组织实施资源综合利用关键技术国家重大产业技术开发专项的通知	2004 年 7 月 28 日	国家发改委办公厅（发改办高技[2004]1277 号）	重点开发废塑料改性利用技术，废塑料制再生塑料深加工产品利用技术；木塑复合材料及制品的开发应用技术
2	关于进一步推进墙体材料革新和推广节能建筑的通知	2005 年 6 月 6 日	国务院办公厅（国办发〔2005〕33 号）	各地区和有关部门要充分发挥投资、税收、价格等经济政策的引导和调控作用，促进工业废物的循环利用，推动新型墙体材料和节能建筑的发展
3	关于做好建设节约型社会近期重点工作的通知	2005 年 6 月 27 日	国务院（国发〔2005〕21 号）	加强木材节约代用，抓紧研究提出《关于加快推进木材节约和代用工作的意见》。开展秸秆综合利用，推行农资节约。完善资源综合利用和废旧物资回收利用的税收优惠政策
4	国家鼓励发展的资源节约综合利用和环境保护技术	2005 年 10 月 28 日	国家发改委 科技部 环保总局公告（2005 年第 65 号）	利用城市垃圾中混杂废塑料制造代木材料的技术
5	转发发展改革委等部门关于加快推进木材节约和代用工作意见的通知	2005 年 11 月 29 日	国务院办公厅（国办发〔2005〕58 号）	在包装、运输业继续推广塑料、金属、竹材等非木质包装和木塑复合包装
6	国家中长期科学和技术发展规划纲要	2005 年 12 月 31 日	国务院（国发[2005]44 号）	开发非常规污染物控制技术，废弃物等资源化利用技术，重污染行业清洁生产集成技术，建立发展循环经济的技术示范模式
7	关于印发《国家鼓励的资源综合利用认定管理办法》的通知	2006 年 9 月 7 日	国家发展改革委 财政部 国家税务总局（发改环资[2006]1864 号）	经认定具备资源综合利用产品或工艺、技术的企业按规定可享受的国家资源综合利用优惠政策
8	关于公布资源综合利用企业所得税优惠目录（2008 年版）的通知	2008 年 8 月 20 日	财政部 国家税务总局 国家发展改革委（财税[2008]117 号）	综合利用资源：废塑料、农作物秸秆及壳皮，产品：塑料制品、代木产品

（续）

序号	文件名称	发布时间	发文单位（文号）	内容概要
9	关于资源综合利用及其他产品增值税政策的通知	2008年12月9日	财政部 国家税务总局（财税[2008]156号）	免征增值税：生产原料中掺兑废渣比例不低于30%的特定建材产品
10	关于再生资源增值税政策的通知	2008年12月9日	财政部 国家税务总局（财税[2008]157号）	对符合退税条件的纳税人2009年销售再生资源实现的增值税，按70%的比例退回给纳税人；对其2010年销售再生资源实现的增值税，按50%的比例退回给纳税人。
11	关于以农林剩余物为原料的综合利用产品增值税政策的通知	2009年12月7日	财政部 国家税务总局	对纳税人销售的以三剩物、次小薪材、农作物秸秆、蔗渣等4类农林剩余物为原料自产的综合利用产品（产品目录见附件）由税务机关实行增值税即征即退办法，具体退税比例2009年为100%，2010年为80%
12	中国资源综合利用技术政策大纲	2010年7月1日	国家发改委 科技部 工信部 国土资源部 住房和城乡建设部 商务部公告（2010年第14号）	推广利用废旧塑料、废弃木质材料生产木塑材料及其制品技术。 对符合条件的增值税一般纳税人销售再生资源缴纳的增值税实行先征后退政策。具体退税比例2009年为70%，2010年为50%
13	国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要	2011年3月16日	十一届全国人大四次会议审议批准	按照减量化、再利用、资源化的原则，减量化优先，以提高资源产出效率为目标，推进生产、流通、消费各环节循环经济发展，加快构建覆盖全社会的资源循环利用体系。推进大宗工业固体废物和建筑、道路废弃物以及农林废物资源化利用，工业固体废物综合利用率达到72%

（续）

序号	文件名称	发布时间	发文单位（文号）	内 容 概 要
14	产业结构调整指导目录（2011 年本）	2011 年 3 月 27 日	国家发展改革委令（第 9 号）	塑木复合材料和分子量≥ 200 万的超高分子量聚乙烯管材及板材生产
15	关于印发“十二五”资源综合利用指导意见和大宗固体废物综合利用实施方案的通知	2011 年 12 月 10 日	国家发展改革委（发改环资[2011]2919 号）	废塑料：重点开发废塑料回收、分拣、清洗和分离等预处理技术和设备，鼓励废旧塑料瓶、废旧地膜高值利用，推广废塑料再生造粒和改性以及生产木塑制品
16	关于印发循环经济发展战略及近期行动计划的通知	2013 年 1 月 23 日	国务院（国发〔2013〕5 号）	发展绿色建材产品。鼓励发展绿色建材产品。重点加快发展节能玻璃、太阳能玻璃、复合多功能墙体材料、木塑复合材料等新材料。推动农作物秸秆综合利用
17	关于印发《重要资源循环利用工程（技术推广及装备产业化）实施方案》的通知	2014 年 12 月 31 日	国家发展改革委发改环资[2014]3052 号	开发废塑料改性等高值化利用技术、废塑料回收利用二次污染控制技术及专用设备，研发阻燃塑料等分离技术。推广废旧塑料破碎分选改性造粒生产线、废塑料自动识别及分选技术
18	关于印发《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》的通知	2015 年 6 月 12 日	财税 [2015]78 号	塑木（木塑）制品退税比例 50%

3.2 我国塑木复合材料产业的现状

我国塑木复合材料产业是一个跨多个领域的新兴产业，具有较高的科技含量和鲜明的产业特点，现已在新材料领域自成一体。由于其不依赖于不可再生资源，而主要采用可以大量循环再生原料制成，近年来，发展速度高速增长，产能与产量均已超过北美，位居世界第一。

3.2.1 塑木复合材料制品生产企业的现状

1. 我国塑木生产企业规模及分布情况

目前我国塑木生产企业大体上可以分为两种类型：一类是以聚烯烃（PE、PP）为基材，另一类是以聚氯乙烯（PVC）为基材。只有少数企业是这两种塑料基材都使用。据不完全统计，到 2015 年 9 月份，我国有聚烯烃基材类塑木复合材料生产企业约 190 多家，其中年生产能力在 20 000 t 以上的企业 9 家、10 000 t 以上的企业约 22 家。年生产能力在 5 000 t 左右的企业占到总数的一半左右。聚氯乙烯基材类塑木复合材料生产企业约 200 家，目前我国塑木生产企业总共有近 400 家（不含台港澳地区）。主要分布在东部省份，其中珠三角、长三角地区和山东省的最为集中。

产业链上游的配套企业，包括原料、助剂、模具和设备等企业合计有 260 家左右，因此，经过十多年的发展，我国整个从事塑木复合材料产业的企业数量超过世界各国，达到 660 家，形成了一个完整的新兴产业。

2. 典型企业介绍

我国塑木复合材料的企业从无到有、从小到大，经过十多年的发展，已经成为世界塑木大国。同时也催生了一大批塑木生产企业，其中有不少优秀的知名企业，现列举几个有代表性的企业供参考。

（1）惠东美新塑木型材制品有限公司　是中国塑协塑木专委会理事长单位，公司于 2004 年成立，2006 年第一期建成投产，现有厂房面积 6 万多 m^2，2010 年已达到 4 万 t 的年产能。属于国家《鼓励外商投资产业目录》（第三类第十一条第三项）和惠东县外商十一项重点投资项目。专业生产塑木型材，产品通过美国专业评审机构 ICC 的认证，并认定为广东省高新技术产品。该公司注重科学研发，与四川大学、华南理工大学、中科院化学所建立了长期紧密的产学研合作关系，建立了塑木技术研发中心。2010 年研发成功塑木共挤产品，率先出口到美国。现正在牵头起草塑木材料相关的国家行业标准，并拥有多项国家发明专利、实用新型专利、外观专利。美新公司是广东省百强创新企业培育工程示范企业和 AAA 及信用企业，通过了 ISO 9001 质量管理体系认证、ISO 14001 环境管理体系认证，还通过了 FSC CoC 森林管理委员产销监管链证书和新加坡绿色标签证书等多项资质认证。

（2）南京聚锋新材料有限公司　是我国早期成立的科技型塑木企业，该公司于 2002 年从一条生产线起家，依靠有力的科技支撑，努力开发新产品，促进

企业快速发展，2005 年被媒体誉为我国塑木行业的领航者。2007 年被评定为江苏省高新技术企业和百家优秀科技型企业。公司拥有一支以美国路易斯安那州立大学教授为首席科学家的高素质研发队伍，并与南京林业大学、南京工业大学等多个高等院校建立合作关系。现先后完成了国家“863”计划、国家科技支撑计划、国家星火计划、国家发改委重大资源节约和环境保护、国家林业局“948”项目、科技部中小企业创新基金等多项国家级科研项目，以及江苏省成果转化项目等省市级项目十余项。先后获轻工业联合会、山东省、南京市等各级科技进步奖等 4 项。拥有国家专利 23 项，其中发明专利 8 项。负责起草塑木国家标准 3 项、国际标准 1 项，并参加国际标准起草 2 项，作为中国专家参加 ISO 的 WPC 工作组。公司产品遍及全国 25 个省及直辖市，在国内成功应用于多项重要工程，如北京奥林匹克运动会、故宫保护性修缮工程、上海世界博览会、广州亚洲运动会、西安大明宫遗址和黄山旅游区等工程。并出口到欧洲、美洲、日本、澳大利亚、俄罗斯等 47 个国家和地区。通过了 ISO 9001 质量管理体系认证和 ISO 14001 环境管理体系认证，其产品通过欧洲 CE 和 REACH 认证。

（3）安徽森泰塑木新材料有限公司　成立于 2006 年 12 月，现有塑木型材生产线 130 条，年生产能力达到 10 万 t，是我国产能最大的塑木生产企业。建有研发中心，并与国内知名高校合作自主开发研制新型环保节能绿色新材料，是一家高科技民营企业。产品有 80 多种，主打产品为户外地板，曾成为北京奥林匹克运动会主场馆鸟巢的户外地板、上海世界博览会主场馆、广州亚洲运动会主场馆户外地板的指定供应商。目前，公司已通过了 ISO 9001 质量管理体系认证和 ISO 14001 环境管理体系认证，公司生产的塑木新材料已经顺利通过了上海建筑材料检验所和国家建筑材料检测中心的检测，以及由 INTERTEK 公司根据美国 ASTM 标准所做的测试和欧盟的 CE 安全认证。其中公司 1 项发明专利、3 项实用新型专利、38 项塑木型材外观设计专利已被国家知识产权局受理。

（4）宜兴市华龙塑木新材料有限公司　位于宜兴市新建镇，公司占地面积逾 6.67 万 m^2，着力于研发及生产新型塑木环保材料。公司现有 25 条挤出生产线，年生产能力达到 16 000t，其中 90% 以上产品出口到国外。近几年，该公司发展迅速，不仅生产能力大幅度提高，品质保障体系也日趋完善。该公司拥有发明专利、实用新型专利近 30 项。在新产品研发方面，投入了大量的资金，引进国内行业高端人才，先后开发出了 PE 共挤工程塑料制品、PE 共挤 WPC 制品、多彩 WPC 制品和高填充高强度 WPC 制品，其中 PE 共挤制品达到了国内领先水平。

（5）江苏凡新科技新材料科技有限公司　坐落于京杭大运河畔的淮安工业园区。公司于 2011 年招商引资签约于淮安市工业园区，创立于 2012 年年底，项目于 2013 年开工，总投资 3 亿元，一期投资 1.8 亿元，目前处于项目建设期，是一家集研发、生产、设计、销售和施工于一体的大型塑木新兴企业。

公司技术力量雄厚、设备先进，具有强大的产品研发能力和生产能力。公司主要生产 PE 塑木和 PVC 塑木两大类基材，并致力于户外市政园林景观和室内塑木整体家居的设计开发。公司拥有一批高水平、高学历的专业人才，产品不断创新，旨在为国内外客户提供质优价廉的新型环保建材和自然舒适的家居体验。

该公司主营业务分为塑木复合材料和塑木整体家居两大块。塑木整体家居就是为每一位客户的家装采用新型环保塑木材料做整体策划、材料供应和施工。塑木整体家居从居室结构、功能、色彩和空间的整体规划，到装饰材料，如室内门、橱柜、墙板、地板、吊顶、厨房、卫生间、家具和庭院等的统筹设计，进行全方位、立体化组合施工。

3. 我国生产企业的产能与产量

生产聚烯烃基塑木复合材料的 190 家生产企业，产能约 120 万 t/a。聚氯乙烯基塑木复合材料生产企业为 200 家左右，产能约 138 万 t/a（含替代木材的 PVC 微发泡产品）。因此我国塑木复合材料总生产能力约为 258 万 t/a。由于国内塑木规范的市场体系未能形成，因此规模较大（产能超过万吨）、产品质量较稳定的企业竞相开发国外市场，有的企业产品几乎全部出口到国外，造成全国年产量出口大于内销量的格局。

由于塑木行业，特别是以出口为主的企业，大多数都存在明显的生产和销售的淡旺季。特别是出口到欧洲，以大型卖场销售为主的生产企业，每年的淡、旺季时间大约各占一半。另外，影响生产销售的国内因素还有汇率、原材料价格的波动、海关进出口的政策等。国外市场也存在严重影响市场销售的因素，特别是欧元的贬值、欧洲整体经济的不景气等。国内市场受宏观经济下行、经济增长速度放缓、国家压缩基本建设投资等因素的影响，近几年塑木销售呈缓慢增长的态势。综合以上因素，造成国内塑木制品生产厂家的设备利用率偏低，企业平均实际出货量大约是其产能的 50% 左右。2014 年比 2013 年增长 15% 为 138 万 t，由于受国内外经济发展的影响，2015 年国内聚乙烯基塑木生产企业的实际出货量，约为 75 万 t 左右。PVC 基以及其他塑料为基材的塑木材料，总出货量加起来与聚烯烃基的塑木材料相当，总计约 150 万 t，年增长率为 10%。

4. 原材料应用情况

（1）热塑性塑料　要制备高性价比的塑木复合材料，首先必须选择好基体树脂。通常情况下，在塑料中加入木质材料后，其流动性能下降、耐高温能力降低，在有氧气的条件下，温度 200℃左右时木质材料会剧烈发烟，减重 5% ～ 10%，产品有明显的烧焦味，色泽变深变黑、性能下降。故一般选用温度 200℃以下能熔融加工的热塑性塑料为基体，以尽量避免在成型加工过程中植物纤维的热降解。目前，基体主要为 PE、PVC、PP 和 PS 等。新的塑料成本过高，一般采用废旧、回收塑料。企业应用主要关注回收塑料的分拣、检测，多种废料细分、掺混，尽量保证质量稳定、可控。以往我国 WPC 主要采用单一木质材料与单一塑料，最近使用回收的多组分废旧塑料和经过表面改性的植物纤维进行混合成型，值得关注。

据对行业的初步调查，目前，关于各种塑料使用的比例如下：PE 和 PVC 分别占 45% 和 41%、PP 占 10%，其他如 PS、ABS 等占 4%。

（2）生物质纤维　我国 WPC 中使用的生物质材料主要是木质材料，它是由纤维素、半纤维素、木质素以及各种可抽提物组成的天然高分子复合物，不但具有生物学特征，而且具有化学和物理特征。我国农业植物纤维的年产量在几千万吨以上，木质材料 100 万 t 以上，其他天然纤维也有 500 万～ 1 000 万 t，为我国塑木复合材料的发展提供了丰富的原料基础。由于组成木质材料的纤维素、半纤维素、木质素以及各种抽出物的组成含量各种植物间均有差异，因此在 WPC 中，选择不同品种的木质材料，所生产出的塑木材料性能会有很大区别。所以应考虑木质材料的种类、表面自由能、填充量、粒径、形状和含水量等，结合实际情况，找出来源丰富、性价比优越的木质材料。

木质材料一般根据外形可分为木粉（L/D ＝ 1 ～ 2）、木纤维（L/D ＝ 10），应根据不同的产品要求选择。使用木纤维比使用木粉一般能够得到更好力学性能的 WPC，如具有更高的强度、断裂伸长率和无缺口冲击强度。但目前的通用挤出机，木纤维常难以喂料，限制了在生产中的应用。通常 WPC 中选用木粉粒径一般在 20 ～ 200 目。木粉要在和塑料混合前进行烘干处理，一般木粉含水量应控制在 1% 以内，烘干设备可采用电加热，也可用微波加热或自然干燥。烘干后的木粉应存放在干燥的地方，不可二次吸潮，否则对加工性能影响较大。在使用有良好排气功能的挤出机，特别是双螺杆挤出机加工塑木材料时，也可以不对木粉进行特别的烘干处理，只需日光下自然干燥即可直接进行挤出加工。目

前国内一些厂家限于价格等因素，在生产中对木粉没有经过活化处理，只是加入一些相容剂，难以制得高性能的产品。国内的生产商主要使用木粉和谷糠，而竹粉一般价格较高。通常在相同木粉填充量下，木粉粒径减小，复合材料拉伸强度、冲击强度、硬度和维卡软化点均升高，材料吸水率降低，但塑化时间延长。粒径对材料性能的影响，因树脂基体、木粉和处理方式的不同，横向可比性不大，需根据相应设备、工艺做集成研究。

5. 生产工艺技术情况

（1）共挤技术开始发展　单一材料挤出成型仍是目前塑木复合材料制品主流成型加工的方法，用于制造板材、异型材和管材等。近几年学习国外经验，在单一材料挤出的基础上，开发了共挤的工艺。共挤产品主要有两种：一种是为提高制品的外表强度、增强耐磨性、抗紫外线等能力，在塑木制品表层共挤一层功能材料，这是塑木型材的表面共挤技术；另一种是为加强塑木制品的整体强度，以型钢或铝型材、竹板等为芯部材料，在其外表包覆一层塑木复合材料，这是塑木型材的芯部共挤技术。塑木共挤产品不仅提高了制品的使用性能，而且还扩大应用领域和产品种类，促进了塑木产品多样化，使塑木挤出成型工艺技术有了一个新的发展。这项技术目前在国内正处于发展的初步阶段，有的企业产品已销往国外，形成了塑木产业一个重要的发展方向。

（2）微发泡技术不断进步　近几年塑木微发泡技术也有较大的发展，尤其是生产 PVC 基的生产企业，为适应产品性能要求，需要开发新型加工工艺，引入发泡工艺技术，降低材料成本，扩展 WPC 的使用范围。塑木复合材料虽然有许多优点，但是密度较大是其最大缺点，限制了其应用范围。为了降低塑木复合材料的密度，同时又不降低复合材料的物理力学性能，对塑木复合材料提出了轻质高强的要求。塑木复合材料发泡后不仅降低了密度，而且提高了部分物理力学性能，可以用作汽车工业要求的质量轻而强度高的部件、运动器械、包装、建筑行业的保温与隔热材料等。

（3）成型工艺技术趋向差异化　我国塑木复合材料的起步都是采用挤出成型工艺，经过多年的发展形成了产品同质化，造成激烈的价格竞争，影响了产业的健康发展。其实，塑木复合材料可以理解为以生物质纤维作为改性剂的改性塑料，因此其他的塑料成型方式都可以利用，采用不同的成型工艺可以制造出不同类型的产品，如用注射成型工艺可以生产各种三维形状产品如车辆的零部件、玩具和日用品等。目前，国内已有部分企业开始向塑木产品差异化方向发展。

（4）表面修饰技术的应用　为提高塑木复合材料制品的使用性和表面美观性，对塑木产品表面进行后处理也是不可或缺的。目前，表面后处理技术主要有：砂带砂光处理、压纹处理、水转印与热转印、UV 印刷和实木皮复合等。这些技术已成功应用于塑木复合材料表面的后处理，大大提高其美观性及附加值。

6. 产品的应用领域

我国的天然木材资源日渐减少，保护环境、保护地球的呼声也日趋高涨，这给塑木复合材料的发展带来了前所未有的巨大空间。我国塑木复合材料产品将向更加广泛的领域应用发展。从市场需求角度分析，塑木复合材料已经在建筑材料、户外设施、物流运输、交通设施和家具用品等领域开始规模性拓展。同时，塑木复合材料也已经进入生活用品领域，塑木复合材料产品将更加广泛地运用到人们的日常生活中，详见本书第 1.3 节。

塑木复合材料从发展之初的托盘、包装箱、汽车内饰件等制品，经过户外铺板、栅栏、桌椅等的开发应用，目前已开始向更加广阔的建筑结构领域渗透，努力达到房屋结构件等制品的力学性能要求和外在装饰效果，包括门窗制品、装饰板、家具板材和房屋基础件等。相应地，对材料性能也提出了更高要求，如：对园林经管类户外制品，要做到抗老化、防脱色、使用寿命长；对室内门窗及装饰材料要有良好的阻燃性能；对房屋基础件承载类制品要有很高的力学性能，需要进行增强、抗蠕变改性。随着节能要求的提高，建筑业也对塑木复合材料制品的节能效果提出了更高要求。因此，塑木复合材料正朝着功能化、高附加值方向发展，以适应广阔的应用领域，如阻燃型、增强型、抗老化型、抗蠕变型、保温隔热型和储能调温型等都将成为行业追求的方向。

7. 原材料的多样化选择

随着新产品的开发，制备塑木复合材料的原材料构成也在不断调整，除主要原料木粉和塑料以外，各生产厂家在产品中加入专用添加剂，如着色剂、光稳定剂、抗菌剂等，产品由低附加值（如塑木托盘、仓储地板）向高附加值（如室内装饰材料）发展。此外，所能利用的生物质原料，除目前应用较多的木纤维和稻壳粉以外，竹粉、椰壳粉、芦苇及其他农作物秸秆等也将被大量用于塑木复合材料的加工，目前的塑木复合材料中含生物质纤维所占比重一般在 50% ～ 60%，并以粉末形态为主，远没有达到人们利用生物质资源的期待值，目前正向更高比例和长纤维形态发展，充分体现生物质纤维的增强作用。

8. 发展面临的问题

我国塑木生产企业经过十多年的高速发展，企业的总数、产能和产量均已居世界首位，引起世界的重视和赞扬。但也必须看到，我国塑木生产企业的总体技术水平、创新能力和产品质量还落后于国外先进国家，还有待进一步努力。另外，在快速发展过程中出现一些问题，就是国内塑木市场的发展没有跟上，市场体系没有形成，造成了规模企业只能依赖国外市场，出现了我国塑木产品出口大于内销的局面，严重制约了生产企业经济效益的增长，并使行业的发展受到进口国经济波动而造成市场不稳定的影响，这是我国塑木生产企业迫切需要解决的问题。

3.2.2 塑木复合材料产业链发展与现状

塑木复合材料的上游产业主要涉及原材料、助剂、加工设备和模具等行业。塑木行业刚刚兴起时，没有配套的上游行业和产品，研发人员一般使用塑料行业中的原料和设备进行试验和改制。随着我国塑木工业的快速发展，国内相关工作者做了大量的基础和应用研究工作，开发了多种新的原料资源。以下重点介绍塑木复合材料的原料、专用助剂、新型加工装备、生产技术和产品应用技术的进展情况。上游行业的企业规模和数量逐渐增加，必然会开发或选择塑木工业所需求的产品，促进了上游行业的发展，逐步形成塑木生产所需的系列产品，也有专营企业的出现，基本形成与塑木工业相配套的完整产业链。

1. 热塑性塑料原料

目前，我国塑木复合材料生产的塑料基料主要是 PE、PP 和 PVC 三大类。PE 回收料应用最广，由于我国回收塑料的分拣技术水平较低和管理不严，所以其中也混入了不同比例的 PP 塑料，经常会影响产品质量。

尽管 PP 塑料的性能优良，但是 PP 基塑木复合材料的加工难度较大，因而生产企业和产品都较少。

近年来，PVC 基的发泡塑木复合材料产品增长很快。采用 PS、ABS、PET 等其他塑料作为塑木复合材料塑料基料的工艺、产品也在开发中。

塑木行业中使用的新塑料与在常规塑料行业中使用的原料来源相同，且相对稳定。下面主要对我国塑木行业中使用广泛的再生塑料行业情况进行介绍：

塑木行业刚刚起步和发展时主要采用废弃的塑料袋、回收塑料日用品、桶和瓶等。当时分拣技术落后，容易发生不同塑料品种的混杂，造成不少制成品的质量不稳定，甚至难以成型的问题。

随着塑木和再生塑料行业的发展，对于质量稳定的再生塑料的需求日益增加，随之出现了专业的原料供应商，从国内搜集原料，加工成塑料颗粒后供应塑木生产企业。但是我国回收塑料的分拣技术水平还落后于国外先进发达国家，基本以手工分拣和简单的水洗为主，不仅成本难以控制，质量和产量难以满足要求，还造成了环境污染。后来发现回收电缆料的企业，具有较先进的使金属与塑料包覆层的分离技术，分离后取得较好的效果，除混有微量金属杂质外纯度较高，性能优良，现已被不少生产企业所采用。由于供应商（回收电缆料的企业）的主业是回收金属，大部分只提供再生塑料的破碎料，不做任何的再加工，目前行业中的一些规模生产企业，为保证出口产品的质量还采用国外进口的再生塑料为主要原料。

为了提高回收塑料的产量与质量，我国生产回收塑料加工设备的企业应运而生，设备的国内市场也日益活跃，但设备质量、自动化程度还比较落后，因此国外的进口设备在国内还有一定市场。

再生塑料的加工在我国已逐步成为一个新兴产业，其行业规模正在不断发展壮大，回收及加工的企业越来越多，品种和产量不断增加，并以民营个体企业为主。为促进产业的发展， 2014 年年底《废塑料回收分拣技术规范》标准已经正式通过专家审定。

目前，全国各大中心城市，如北京、上海、天津、重庆、广州、武汉、南京、西安、太原、成都和沈阳等周边地区建有大量回收塑料的加工单位。

再生塑料交易的场所已遍布全国各地，形成了一批规模较大的废塑料回收交易集散地和加工聚集区。主要分布在广东、浙江、江苏、山东、河北和辽宁等塑料加工业相对发达的省份。

2. 木质 / 生物质纤维原料

我国塑木复合材料的木质 / 生物质纤维种类主要是木粉和稻壳粉、竹粉等。此外，由于我国地域广阔，各地区的农业废弃物的主要种类各不相同，为了更好地利用当地资源，不断因地制宜进行开发，现已开发出不少新的生物质纤维品种，如热带地区的椰壳，北方地区的麦秸（含稻草）、亚麻屑，新疆地区的棉秆，南方地区的芦苇等。

目前，我国制粉生产企业以中小企业为主，大部分技术含量和机械化程度较低。但也有一些规模较大、设备先进的企业，如南昌辉腾木质粉有限公司拥有数十台磨粉机、筛粉机等设备，是国内最大的专业生产木粉、竹粉厂家之一，工艺

先进、品种齐全。现已从国外引进了高效高产能的全自动化设备，该设备在人工方面从原有的每台设备需 2 名工人的流水线小批量生产，到现在整套配备只需 4 名工人大批量生产，产量从原有的日产 10 t 到现在的日产 100t，可以大批量生产持续稳定颜色均匀的产品，有效地提高了下游塑木生产的稳定性。

3. 化学助剂

塑木产业进入中国之初，其配方体系基本参考改性塑料加工行业，使用改性塑料助剂作为塑木行业的生产助剂。但随着塑木行业的快速发展，国内相关工作者做了大量的基础和应用研究工作。根据具体用途的需要，开发了相应的 WPC 专用助剂，赋予其相应的功能，使 WPC 制品的力学性能、蠕变性能、老化性能、褪色、耐磨性能、表面印刷、吸水性和抗微生物侵蚀等方面都得到了显著改善和提高。同时，生产厂家对高质量 WPC 的成型速度、外观、性价比方面的需求也促进了新型加工装备的开发，相应的新型挤出机、注射机、热压成型机械及其他新装备也陆续投放市场，结合不断进步的配方技术确保了高质量 WPC 制品的成型加工。在应用推广中，塑木产品逐渐被人们认识和接受，并不断深入到国民经济的多个领域。随着加工从业者及相关研发机构对塑木材料的认识加深，对其加工助剂及功能助剂也提出了更高、更有针对性的要求。现就不同助剂的发展现状、技术水平及存在的问题等作逐一阐述。

（1）润滑剂　为了充分利用木质纤维材料来源广泛、可再生和低成本等优点，商业化生产的塑木复合材料尽可能增加其填充量，通常要超过 50%，甚至达到 70% 以上。高木质纤维填充量，加剧了塑木复合材料在挤出加工过程中熔体流动不稳定和表面缺陷，造成型材挤出速度受到很大限制，甚至加工难以进行。

塑木产业刚进入我国之初，其润滑剂大多借鉴的是聚乙烯加工中常用的润滑剂，如硬脂酸、聚乙烯蜡、乙撑双硬脂酸酰胺 （EBS）、石蜡、白油、硬脂酸锌（ZnSt）和硬脂酸钙等。随着行业发展，内外润滑平衡度更高的复合润滑剂应运而生。采用复合润滑剂也可以避免混料过程中出现的分散不均现象，从而保证了产品的质量稳定性。

不同的厂家配方中润滑剂的搭配各不相同， EBS 和 ZnSt 组合曾被称为 WPC 用工业标准润滑剂，两者配比为 1:1，后来发展了 EBS 和 ZnSt 分别与其他不同润滑剂的新复配物，可以提高功效、降低用量，产品种类更为丰富，用户有更大的选择空间。需要注意的是马来酸盐类界面改性剂与硬脂酸盐润滑剂会发生相斥反应，一起使用时会导致产品质量和产量的降低。目前已有多家公司生产有机润

滑剂替代 ZnSt。聚烯烃基材的塑木一般填充木粉含量较高，润滑剂用量一般为 1.2% ～ 3%；而木粉 /PVC 复合材料木粉含量低、用量小，一般为 0.3% ～ 1%。为方便用户，助剂生产企业常提供“一包装”（one pack）的润滑剂和相容剂复配物，有时这种“一包装”是润滑剂与其他一种或几种助剂的复配物。国内许多 PVC 行业的助剂供应商也追随潮流，向塑木行业提供了主要基于 PVC 润滑体系的所谓复合润滑剂，但目前和国外产品相比，还是有不小的差距。

上海壮景化工有限公司是最早将复合润滑剂引入国内的企业， 2005 年该公司就引进美国 struktol 公司的 TPW604、TPW613 等系列复合润滑剂，开始在国内主要的塑木生产厂家中推广应用。该系列润滑剂使用方便、润滑效果好，并且能显著提高塑木制品的力学性能及耐候性能。目前国内的助剂企业正在试图开发其他种类的润滑剂混合物，在国内一些生产商中推广使用。

上海杰上杰化学有限公司经过多年的生产实践和研发，开发的塑木复合润滑剂 H311/H358 使 WPC 具有较高的产出速度和比较宽的加工工艺范围，很好地解决了物品的外观性能，并且添加比例少（添加比例为 1.2% ～ 1.6%），同时能保持良好的力学性能。

作为塑木加工企业的配套产业，润滑剂的生产企业及供应商基本集中在长三角、珠三角和山东地区。全国年需求量为 3 万～ 4 万 t。受塑木行业尚未完善国家标准的状况影响，润滑剂生产行业也属无序状态、产品没有标准，产品质量的评定完全要在塑木生产过程中完成，塑木生产企业很难对润滑剂做进厂质量控制。因此，从业企业在行业内的口碑尤其重要。

（2）偶联剂 / 相容剂　常用的界面相容剂（包括部分表面处理剂）主要有：异氰酸盐、铝酸酯、钛酸酯、硅烷偶联剂（如 γ－氨丙基三甲氧基硅烷）、乙烯－丙烯酸酯共聚物（EAA）、酚醛树脂、马来酸酐接枝 PE（MAPE）或 PP（MAPP）等。

目前，国内被塑木行业使用较多的偶联剂是马来酸酐接枝聚乙烯 / 聚丙烯和硅烷偶联剂。但从性价比上看，马来酸酐接枝类产品更具优势，马来酸酐接枝物使用量常在 1% ～ 5%（w）。Scona 系列偶联剂，接枝率高、偶联效果好，添加量只有国内同类产品的一半甚至更少，可以降低吸水率，冻融试验优秀，有效提升产品性能及品质。

中塑光禹（北京）化学品科技有限公司是国内一家致力于塑木复合材料专用偶联剂、润滑剂等助剂的研发生产企业，与国内外多家科研机构及知名塑木生产企业合作完成了塑木复合材料专用偶联剂配方的研发或评估。工厂年生产

能力达 10 000 t。

我国马来酸酐接枝类产品大多使用于改性塑料行业的产品，因此其生产企业也基本集中在塑料改性行业相对集中的长三角和珠三角地区。全国塑木行业对马来酸酐接枝类产品的年需求量是 4 万～5 万 t。由于在其他成熟产业中已广泛使用，此类产品有较成熟的质量标准。

（3）抗氧剂　对塑木制品，传统的主抗氧剂选用的是 BHT 和 1010 两大类。BHT 价格略低，后期耐热氧化效果不错，但 BHT 自身氧化后结合，会形成 DTNP，其结构本身就是一种黄色颜料，对产品有色污，所以应用并不广泛。而 1010 不光在塑木制品中，在整个高分子产业链中都有着广泛的应用，目前也是全球使用量最大、也是最广泛的主抗氧剂。此外，与 1010 同属于受阻酚类的 1076 一直被大家所忽视。其实 1076 虽然有效含量不如 1010，但是凭借更好的相容性，少量添加搭配 1010 一起使用效果更加，但是塑木制品企业中至今并没有实际应用。

在 2010 年之前，塑木制品对于辅助抗氧剂的使用一般都是选用 DLTDP, 属于硫代酯类。其优势在于有效含量高，与目前广泛使用的 168 相比，在理论上，其分解过氧化物的能力高出两倍有余，实际应用效果差距不大。缺点也很明显：一是生产使用过程中有强烈气味，引发呼吸道不适，使工人反感；二是熔点过低，易结硬块，使用时不方便；三是有色污。而造成 DLTDP 全面退出塑木市场的导火索则是 2011 年初德国 Cognis 的爆炸事故。DLTDP 主要原材料月桂醇生产厂商原本就很少，主要就是 Cognis 及 Ecogreen、Kao。Cognis 爆炸后原料短缺，导致供货短缺和价格暴涨，2011 年初的价格由每吨 2.6 万元短时间暴涨至每吨 4 万元左右。绝大部分塑木企业在当时无奈选择弃用，转而使用目前广泛使用的 168。168 属于亚磷酸酯类辅助抗氧化剂，具备优良的分解过氧化物的能力，在高温高剪切力的情况下对制品颜色具有一定保护作用，此外它还很好地解决了所有之前提到的 DLTDP 的产品缺陷。

（4）光稳定剂　在抗紫外线方面，光稳定剂的使用经历了几代变化与革新。最早在塑木行业使用的光稳定剂是紫外线吸收剂 531，该产品为全球第一支紫外线吸收剂，也是目前使用最广泛的耐 UV 产品。其能量转化主要机理是：分子具有高共轭结构，对紫外光具有比较强的吸收作用，受激后分子内可形成氢键环，能使处于电子激发态的分子通过能量转换形式变成振动激发基态，以热能的形式有效地减活，同时分子中的羟基被吸收的紫外光能量所激发，产生可逆的酚式 -

醌式互变异构，在一定程度上是很稳定的。在 2013 年 4 月之前，紫外线吸收剂 531 的价格一般在 47 ～ 49 元 /kg 之间，而随着其主要原料之一的正辛醇价格大幅上涨（约占原材料成本 40%），以及其他主要原料如间苯二酚等的涨价，531 的价格也涨到每吨 7 万元左右，市场价格一直较高。紫外线吸收剂 531 主要因价格因素在市场竞争中不是塑木企业的主选产品。耐 UV 产品在塑木行业陷入了一定的波动期，塑木企业通过优化配方，使用光稳定剂 622 取代部分 531，两者搭配使用以降低成本，部分企业则纯为成本考虑，只用光稳定剂 622，效果在某种意义上相对逊色；也有采用 UV-9 来替代 531，但由于 UV-9 的自身活性太高，之前主要应用于如防晒霜等领域，耐久性效果不佳，在塑木制品中应用很少。

随着技术与市场的不断发展，国内很多塑木企业使用美国 CYTEC 的光稳定剂 3853。尽管各供应商所定名称不同，但实际产品主要成分是以 3853 为主体。由上海缔睿化工有限公司研发的 Derisorb 71，产品性能稳定，性价比高，是现在塑木市场主推的光稳定剂之一，被绝大部分塑木企业接受，目前塑木行业主要应用的耐 UV 产品主要是 Derisorb 71 和上述所讲的 3853 两类。

3853 的特点是常温下为蜡状固体，使用时需要水浴加热使其融化，或者用载体包覆。而 Derisorb71 则是白色粉末，熔点高，由于塑木生产造粒过程中温度较高，一般耐 UV 产品在造粒过程中有热损失，塑木企业在挤出这一环节中添加，而 Derisorb71 的高熔点在生产过程中解决了这一问题，在大部分塑木企业的实际检测中证实两者效果都比之前 UV531 的使用效果好。

另外，受阻胺类光稳定剂（HALS）因其优良的光稳定活性，在聚合物中显示了广阔的应用前景，它能有效减少塑木材料在光照作用下的褪色现象，提高其光稳定性能，从而保证塑木材料的长期卓越性能。

早期开发的 HALS 的分子量都比较低，而较低分子量的 HALS 易迁移、易挥发、不耐抽提，已经难以满足人们的需求。解决的方法是提高产品的平均相对分子质量，高分子量可以提高其耐迁移、耐萃取、耐折出、耐热和耐洗涤等很多性能。同时产品的多功能化、低碱性化和可聚合化也是产品研发的方向。

（5）防霉 / 抗菌剂　通过添加防霉抗菌剂来保护木塑复合材料免受霉菌的侵害。在塑木防霉抗菌剂的开发方面，目前仅少数几家公司推出了几种塑木制品专用防霉抗菌剂。

目前被采纳的几类产品各有利弊：一类是硼锌混合盐，该产品对霉菌和木腐菌都有一定的抑制能力，同时还具有较好的热稳定性和 UV 稳定性，还可以提高

材料的阻燃性能，但是该产品的有效添加量至少在 2% 以上，添加量高、添加成本高，而且对塑木制品的力学性能有不好的影响；另一类是含砷有机化合物，该成分在塑料中广泛应用，具有添加量少、防霉性能强等特点，但是由于该物质含砷，达不到 REACH 和 RoSH 认证，因此塑木生产企业采用的也比较少。碘代丙炔基氨基甲酸丁酯，该成分对霉菌和酵母菌有很强的抑杀作用，但是在高温条件下易变色、成本较高等问题不为塑木生产企业所接受。因此具备抗菌谱宽、抑菌能力强、耐高温、毒性低、与塑木其他组分有良好相容性的防霉 / 抗菌剂是发展趋势。

受终端市场的价格压力影响，90% 的塑木企业都没有采用防霉剂，目前产品的年消耗量仅为 40 ～ 50t。开发性价比更高的产品是市场的迫切要求。

国外主要的进口商，对进入国外大型建材超市的塑木制品有严格的防霉变要求，迫使国内塑木生产企业添加适量的防霉剂。国内生产防霉剂的主要厂家有属于广州微生物研究所的广州迪美生物科技有限公司，该公司从 2006 年开始研发塑木专用防霉剂，目前的产品添加量约为 0.4%，主要以 PE 为载体的母粒形式添加到配方当中，在保证整个配方体系能中均匀分散的前提下，基本能满足客户对塑木制品的防霉要求。一般来说，添加足量的该类型防霉剂，能通过 ASTM G21-96 的测试，但并不能保证通过 ISO 16869 方法的测试。目前，国内一年防霉剂的使用量约在 300 ～ 400t。

（6）发泡剂　塑木复合材料的密度为普通木材的两倍左右，等体积的价格比木材贵，质量较木材重，安装、使用均不方便，制品轻量化（发泡）是发展趋势。通过发泡，塑木复合材料密度可降低至 0.5 ～ 0.9 g/cm^3。目前发泡塑木复合材料占塑木复合材料的比例在增加。微孔塑料由于其极细的孔结构（1cm^3 含 109 ～ 1015 个孔），具有优异的物理力学性能，与未发泡塑料相比，冲击强度是其的 2 ～ 3 倍，疲劳寿命是其的 5 倍，强度重量比是其的 3 ～ 5 倍，具有良好的隔音性能、低导电系数及导热系数等，在建筑、包装、汽车、航空零件、家具和装潢材料等方面都有其独特的功效。

发泡气体的产生可采用物理发泡或化学发泡的方法。但物理发泡设备比较复杂，目前没有成熟的技术，工业上 PVC 低发泡材料多采用化学发泡方法。

发泡塑木复合材料采用化学发泡剂主要有吸热型发泡剂（如 $NaHCO_3$）和放热型发泡剂（如偶氮二甲酰胺） 两类。由于它们的热分解行为不同而影响聚合物熔体的粘弹性和发泡形态，两类发泡剂各有优缺点。

目前我国生产 PVC 基塑木复合材料，大部分是采用 AC 放热型发泡剂 （偶

氮二甲酰胺）。AC 发泡剂与 PVC 相溶性及分散性好，发气量大，分解速度快，适合结皮或自由发泡工艺，分解时放出热量易使周围熔体粘度下降而发泡，一般用量为 0.2% ～ 1.0%, 选择 0.3% ～ 0.6 % 为宜。由于 AC 发泡剂的分解温度较高，与 PVC 的加工温度不匹配，因此通常会与一些其他的助剂并用，使 AC 发泡剂的分解温度高达 195 ～ 220℃，降至 160 ～ 180℃，以适应 PVC 的挤出或注塑等。常用的助发泡剂是三盐基硫酸铅、二盐基亚磷酸铅（由于铅盐的毒性，已在许多场合禁用）、硬脂酸钙、硬脂酸锌等。AC 发泡剂与助发泡剂的使用比例为 1 ： 1 ～ 1 ： 3。

国内专业从事化学发泡剂的上海杰上杰化学有限公司生产商，能够提供世界一流的发泡剂及发泡技术解决方案。如 PVC 自由与结皮发泡、PVC 木塑发泡、PS 挤出与发泡、PP/PE 挤出与木塑发泡等发泡剂及技术。现已获得多项发明专利，创造了社会价值，具备相应的科研资质并提供相应的进出口业务。取得了良好的发展，更创造了行业内的专属知名 ——JOYSUN。建立了一站式服务平台，产品遍布国内外。

4. 塑木加工设备

我国塑木加工设备的开发始于 1999 年，发展到现在已经有近 17 年的时间。经过国内设备厂家的技术研发与创新，塑木加工设备已逐步走向成熟，能够满足各类高中低档产品的生产要求。

塑木复合材料的主要设备是干燥造粒设备、混料造粒设备、成型设备、后处理设备和辅助设备。

（1）干燥造粒设备　塑木复合材料生产企业的木粉干燥设备大都是气流干燥设备，针对气流干燥设备的缺陷，塑木加工设备企业开发了木粉慢速搅拌真空干燥设备。其工艺示意图如图 3-5 所示。

慢速搅拌真空干燥设备由慢速搅拌器、油加热器、冷凝器和气水分离器等部分组成。其工作原理是：木粉经加料加入搅拌器后，加料口关闭，木粉在密闭容器中被搅拌器搅动。搅拌器内置中控桨叶，桨叶内流动着经由加热器加热达 200℃的高温导热油，搅拌器外壁也置远红外加热，木粉在桨叶和外壁的加热下，温度升高，水分逸出，在搅拌器顶部由抽真空机抽出，经冷凝器冷凝后，经气水分离器分离后，冷凝水排出设备，木粉干燥后，由放料口放出。

慢速搅拌真空干燥法避免了气流干燥法的缺点：慢速搅拌避免了木粉飞扬，减少了粉尘爆炸起火的危险；电 / 导热油的加热方法避免了烧煤的污染；搅拌干

燥器的真空工作状态和远红外加热技术的使用，降低了水分从木粉中的逸出能级，提高了设备的热效率，其缺点是间断性出料。

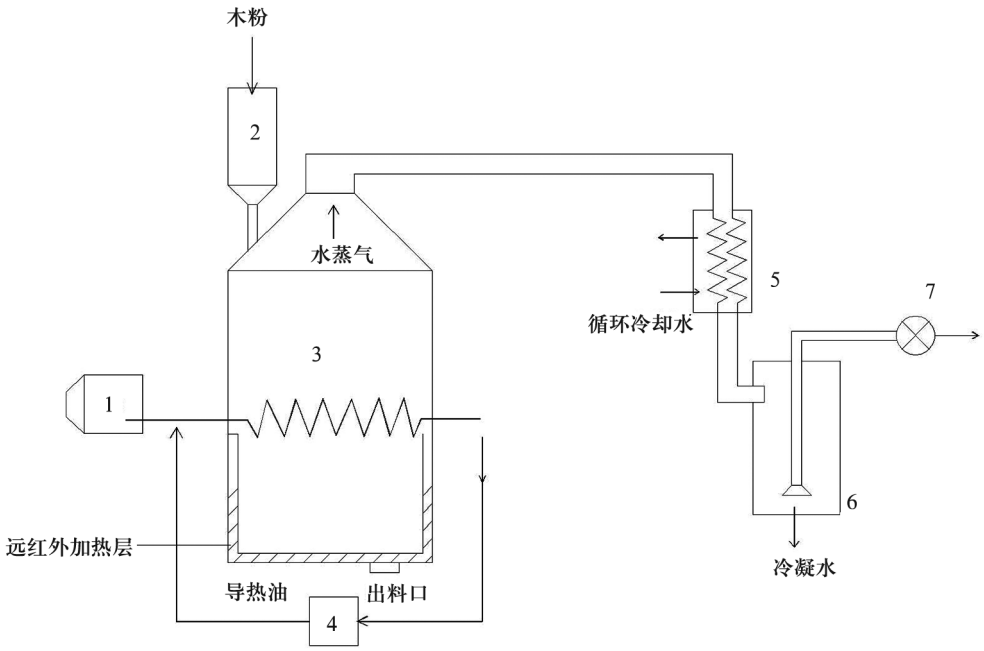


图 3-5　慢速搅拌真空干燥工艺示意图

1—搅拌机　2—加料斗　3—中空搅拌器　4—油加热器
5—冷凝器　6—气水分离器　7—抽真空机

（2）混料造粒设备　塑木复合材料的混料造粒设备基本沿习了塑料改性加工方法和设备。采用中低速混料设备将塑木复合材料的各种原料搅拌均匀后，进入平行双螺杆挤出机挤出，再经后道加工成为塑木粒料。如果是一步法则必须采用高速混料机混料，然后直接进入成型阶段。此类设备与塑料加工设备相似，因此大部分塑木企业直接购买市场上已有的相关设备，仅需针对塑木复合材料的高填充、高磨损、高含水率等特点选择大功率电动机和高耐磨材料并调整螺杆结构组合。也有设备制造企业开发了专用的塑木造粒设备，这种设备耗能少、产量大（有的可达每小时 500kg），生产的塑木粒料呈直径为 3 ～ 5mm 的均匀圆柱体，有利于塑木产品成型设备的均匀加料和减少成型设备的磨损。

（3）成型设备　塑木复合材料的成型方式与塑料相同，主要有挤出、注射和模压成型。注射和模压这两种成型方法受到设备和模具的限制，技术人员采用降低木质纤维添加比例和调整配方的手段，使其尽量满足注射和模压的要求，行

业中也未见塑木专用的注射和模压设备。

挤出成型塑木复合材料由于其木粉填充量高，制品使用面广，在塑料机械行业中得到广泛的应用和关注。通用的塑料挤出设备在进料系统、木质材料的分散能力、流道和模头设计等许多方面不太适合生产塑木复合材料制品。生产企业和设备厂商在塑料加工设备的基础上不断尝试，并根据塑木的特点逐渐调整，目前已形成了具有自身特色的加工设备和技术。

行业早期采用单螺杆挤出机挤出成型。但挤出机螺杆塑化、排气效果差，挤出产品压力波动大、产量低，目前已趋于淘汰。

锥形双螺杆挤出机的加料段直径较大，可对物料连续地进行压缩，缩短物料在机筒内的停留时间，而计量段直径小，对熔融物料的剪切小，适宜加工热敏性塑木复合材料，目前在国内广泛使用。

目前国内已有系列塑木复合材料的专用挤出设备，许多厂家已具有较强的研发和生产能力，不断开发出新型的塑木成型设备，涌现出一批专业的生产制造企业，如昆山市众捷塑料机械有限公司是有着多年设计制造挤出设备经验的专业公司，分设塑料机械及螺杆机筒生产制造基地。该公司不断消化和吸收世界一流的科学技术和工艺，实现核心技术装备与欧洲先进塑料加工技术的对接，产品始终处于国内同类塑料挤出设备的先进水平。为适应我国塑木工业的高速发展态势，成功开发了 PVC 塑木生产线；PE 塑木生产线及相关的辅助设备获得塑木生产企业的好评。公司产品已遍布全国各地，并出口到俄罗斯、东南亚，土耳其、伊朗和南美洲等国家和地区。另外，还有上海金纬挤出机械制造有限公司这样大型的挤出类塑料机械专业制造商，公司产品已遍布全国各地，并出口到世界各大洲，且已成功进入德国、美国、日本和西班牙等发达国家和地区市场。

1）塑木复合材料挤出机螺杆。塑木复合材料挤出机螺杆结构的设计，主要考虑塑木复合材料熔体的流动性差和木质纤维在加工温度下局部炭化、硬度增加两大因素，因而塑木复合材料挤出机螺杆结构的螺纹设计，首先是在充分减少挤出中的物料摩擦力、达到分散更加均匀的效果下，加大挤出压力，以提高制品的生产速度；在生产工艺上，以氮化处理、双金属焊接等方法增加螺杆挤出螺纹的硬度，增加设备抗磨损、耐蚀性能力，延长了使用寿命。在挤出机螺杆心部，去掉了不必要的油恒温系统，这不仅避免了油恒温系统部件油缝磨损，出现漏油现象，使设备维护和保养更加简单，而且降低了设备成本。塑木复合材料挤出机螺杆如图 3-6 所示。

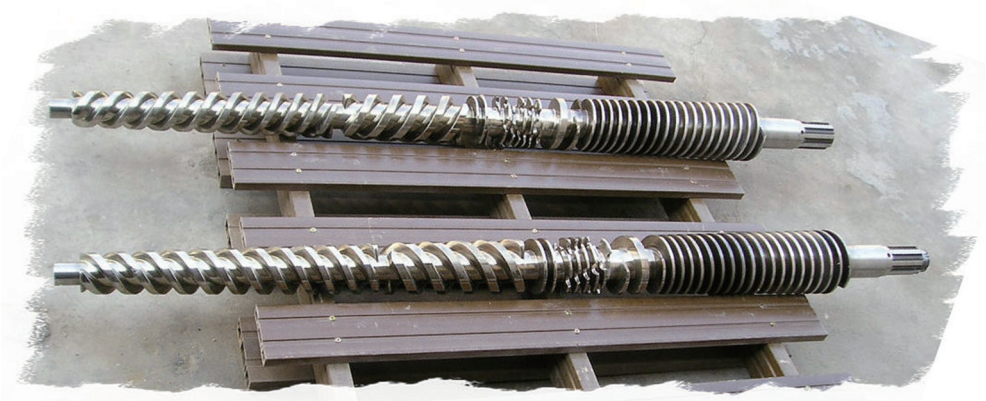


图 3-6　塑木复合材料挤出机螺杆

2）塑木复合材料挤出机机筒。塑木复合材料挤出机机筒普遍采用了氮化工艺处理，大大增加了机筒的硬度。最新的塑木复合材料挤出机机筒采用了分段式结构：机筒分为前后两段，挤出压力大，易磨损的前段内部衬以耐磨硬质合金，合金厚度可以做到 1.2m，机筒的后段为常规机筒，两段机筒以螺栓连接成一整体。内部衬以耐磨硬质合金的前段机筒使机筒的使用寿命大大延长，而且在挤出机机筒出现磨损时，可以拆卸磨损段，进行修补或更换，这种分段式结构机筒进一步降低了复合材料的生产成本。

3）塑木复合材料挤出机的排气除尘装置。尽管大多数塑木复合材料生产是采用两步法，在塑木复合材料生产型材挤出工段使用的是去除了大量水分的塑木粒料，但是在生产型材挤出机螺杆机筒的加热和剪切下，塑木粒料剩余的水分仍会逸出。这些残留水汽也需排除，否则，可能造成挤出型材强度不好或起泡、气孔等一系列严重问题。为此，塑木复合材料挤出机在挤出机筒上，与挤出螺杆塑化段和计量段转换点的对应部分设计了排气除尘装置。

排气除尘装置，一方面可将热熔塑化的塑木物料逸出的水汽抽出机筒，同时又可将真空泵吸出来的水汽中少量的粉料清除，避免管路堵塞。在真空除尘装置的机筒吸口处，往往还加上下压装置，避免了冷却物料可能堵塞管路的现象。

4）塑木复合材料挤出机定型台。塑木复合材料挤出机定型台多数采用了塑料挤出机定型台加速冷却的类型，如密闭抽真空冷却定型、密闭喷淋冷却定型等方式。对于塑木复合材料型材挤出模具为冷出模时，定型台的结构可以更加紧凑，长度也可以变短，甚至连牵引机都可以取消；对于塑木复合材料型材挤出模具为热出模时，不仅定型台的长度必须加长，冷却加强，而且牵引机的牵引力也必须

加强。

（4）后加工设备　塑木挤出制品由于其木粉填充量高、后加工性能良好的特点，发展出了一些独特的后处理设备，如打磨机、拉丝机和压花机等。这些设备原本应用于木材加工行业，2008 年前后被尝试用于塑木行业。通过这些设备的处理，塑木复合材料改变了原本挤出后的塑料外观，制品表面有木材的触感和花纹，搭配恰当的颜色后，仿木感极强，快速得到了应用和推广。

随着后处理工艺的普及，缺点也逐渐暴露：加工效率低、粉尘污染大、破坏了原有的表层，导致强度、抗污和防霉性能的降低。随之出现的在线压花技术，使用在线安装的花辊在刚挤出型材表面压上各种仿木纹路和哑光处理，塑木复合材料在保持仿木外观的情况下省去了后一道工序，在提高生产效率的同时提高了产品的性能，目前成为我国塑木行业正在迅速推广的技术。

经过十多年的发展，塑木复合材料的后加工设备有了三大特点：一是种类更多，设备制造更精致，使塑木复合材料更加扩大了应用范围；二是设备材料选用更加合理，使用寿命大大延长，如普通的切割锯片，使用寿命从短短的一两天，延长到了 100 多天，增加了几十倍；三是与塑木的生产工艺结合更加紧密，一些后加工设备，如浮雕式压花机直接连接到了生产线上。设备的品种也有很大的发展，如图 3-7 所示的四面五刀塑木铣床和图 3-8 所示的四辊塑木拉丝机等。

图 3-7　四面五刀塑木铣床

图 3-8　四辊塑木拉丝机

（5）辅助设备　塑木行业中所使用的各种生产辅助设备大部分为塑料行业通用设备，比较有特点的是破碎机和切割锯。塑木复合材料中添加木粉以后，硬度相比塑料和木材均大幅提升、韧性降低。因此常规的塑料或木材行业所用的破碎机和切割机不适宜塑木复合材料的破碎和切割，行业中一般使用石材破碎机和

金属切割锯对塑木复合材料进行加工。

随着行业的发展和扩大，上游也出现了相关的专业企业研究塑木复合材料专用的破碎机和切割锯，通过对塑木复合材料特性的研究和试验，优化了设备的材质和构造。目前先进的破碎机和切割锯的使用寿命已达原来设备的 5 ～ 10 倍。

5. 成型模具

我国塑木工业的快速发展带动了塑木模具工业的发展，高速挤出模具的需求在不断增加。

塑木模具的结构原理与塑料模具基本相同，它是在塑料模具的基础上开始发展的，与塑料模具一样，主要包括塑木型材的挤出成型模、塑木制品成型的注射模和压制模，目前绝大部分是使用挤出成型模。

2011 年 7 月，工业和信息化部装备工业司印发了《模具行业“十二五”发展规划》，这一规划中明确指出要重点发展塑料异型材挤出模。“十一五”期间，湖北黄石已形成模具钢制造、模具生产、塑料加工的完整产业链，塑料挤出模具占全国市场份额的 60% 以上，是名副其实的“中国塑料挤出模具基地”。湖北黄石的挤出模具加工，特别是以塑料异型材、塑木环保材料为主导的挤出模具开发和生产，一直处于中国的前列，挤出模具企业有 60 多家。除了湖北黄石以外，浙江黄岩也是一个塑料模具相对集中的地区，其他像江苏、安徽和北京等地也有不少高水平的模具生产企业。

十多年来，我国塑木复合材料行业发展虽有过几次大起落，但始终处于技术不断进步和市场不断拓展之中。近年来，由于国内市场的需求和国家政策的导向，塑木复合材料挤出模具又一次获得了迅猛发展的机遇，形成了较为完善的行业规模，涌现出一批优秀的塑木专用模具的生产企业。中国挤出模具主要生产基地在湖北省黄石市，在推动国内塑木生产的同时，也为国内模具厂培养了大批的模具设计、加工、管理人才。例如：

湖北高新明辉模具有限公司是国内外最早从事木塑模具研发的单位之一，从事设计制造塑木模具的专业厂家，先后参与了国家标准《木塑地板》与《塑木复合材料产品物理力学性能测试》的起草。该公司全套设备采用电脑自动化控制，拥有国内先进的数控加工机床、多台主挤出机、共挤挤出机和成熟的复合木塑模具，为生产高品质的木塑复合共挤模具、钢塑共挤模具提供了可靠的技术保证。成功开发了 PVC+ 木粉外结皮内发泡型材模具、PE/PP+ 木粉模具、PVC 低发泡型材及硬 PVC 整板门、片材、板材模具和各种类型型材共挤模具等新产品。为

国内外塑木生产企业长期提供模具，成为国内最大的塑木模具制造企业之一。

黄石高科塑胶模具有限公司是一家专业从事模具的企业，主要生产 PE+ 木粉模具、PE+PP+ 木粉模具、PE+ 木粉 + 钢衬共挤模具、PE+ 木粉全包覆共挤模具、PVC+ 木粉 + 发泡装饰材料模具、PVC+ 木粉 + 内发泡外结皮模具、PVC 仿大理石材模具和 PVC 板材模具的企业，多年来为国内数十家企业提供服务。

国内近年来还涌现出一些挤出模具后起之秀，如湖北安信塑料模具有限公司研发力量强大，特别是 PE 基共挤模具，占据国内相当大的市场。

黄石市鸿达塑料模具有限公司是国内最大的挤出模具生产企业之一，其生产的 PVC 类大型制品模具，具有很强的市场竞争力。

6. 塑木复合材料共挤技术

近年来，我国塑木复合材料生产企业大力发展了一种塑木生产的新产品——塑木共挤产品。塑木复合材料制品的共挤产品有两种：一种是为提高制品的外表强度、增强耐磨性和抗紫外线等能力，在塑木制品表层共挤一层功能材料，这是应用了塑木制品的表面共挤技术。另一种是为加强塑木制品的整体强度，在塑木制品中间共挤型钢或铝型材、竹板等加强筋，这是应用了塑木产品的芯部共挤技术。具体如下：

（1）塑木表面共挤技术　塑木表面共挤技术主要包括表面共挤物料、共挤机和共挤模具三方面。塑木表面共挤物料应具备抗光老化能力和耐气候能力强、与塑木基料结合力强、加工条件与塑木基料一致、色彩鲜艳等条件，在需要耐磨损、抗滑动、阻燃和防霉变等的特殊使用要求下，表面共挤物料还应具备相应的功能。对 PVC 塑木基料，ASA 是一种理想的表面共挤料。对 PE、PP 塑木基料，大都使用进口的表面共挤料，国产的共挤面料还不过关。当生产表面共挤塑木制品时，需要在挤出塑木主料挤出机的侧面，增加 1 台表面共挤料的共挤挤出机。由于表面共挤料加工性能单一、挤出量小（共挤表层的厚度很薄，只有 0.5mm 左右），使用单螺杆挤出机即可。但是，共挤用挤出机需要背压高、剪切小、塑化混炼好，与普通塑木挤出机相比，由于共挤层很薄，塑木共挤挤出机对工艺要求更高，温度和压力以及输出流动速度控制更精确，所以塑木共挤挤出机是独立设计制造的。

塑木制品表面共挤技术的另一关键是塑木表面共挤模具。塑木表面共挤模具将两台或两台以上挤出机分别供给不同的熔融料流汇合共挤，得到表面全包裹或半包裹的复合制品。

图 3-9 是一副塑木表面共挤模具。下口为塑木芯料入口，侧口为表面共挤功

能材料入口，四周为加热板，上口为共挤塑木复合材料型材出口。

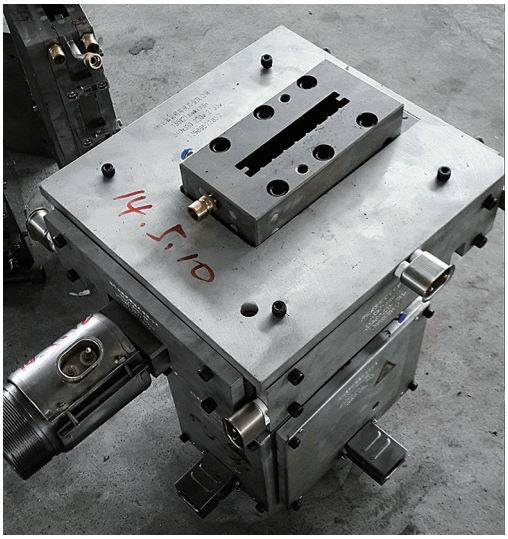


图 3-9　塑木表面共挤模具

（2）塑木芯部共挤技术　塑木共挤产品是塑木与钢芯（铝型材、竹板等）共挤。这种产品是以塑木复合材料包裹钢芯、铝型材和竹板等高强度材料共挤成材，使产品“外柔内刚”，既能使产品保持塑木复合材料原有的丰富外观形态，又能达到很强的力学性能，使用范围拓宽到建筑、休闲、家具、工业和基础设施建设等各大领域。

这种塑木芯部共挤技术需要考虑芯部材料的刚性进料和刚性芯部材料的连接，考虑芯部材料在成材中的位置固定。竹木等芯部材料可由气钉将其连接；而钢铝等芯部材料则需用专用的连接件。对钢铝等芯部材料塑木挤出成材的切断，必须要找准连接缝，这项要求是由金属探测器和切割机的组合来完成的。刚性芯部材料均匀进料则需专用的推进设备，一般将履带牵引机反向使用即可。

芯部材料的刚性进料及芯部材料在成材中的位置固定问题，是由塑木钢芯共挤模具来解决的。由于芯部材料是刚性进料，所以塑木芯部共挤模具的芯部材料进料口与塑木成材的模具出口在一条轴线上，而塑木材料以熔融状态被挤出机从侧进料口挤入。

图 3-10 所示是塑木钢芯共挤模具的结构示意图。塑木钢芯共挤模具包括共挤模座、模座、过渡板、汇流板、口模、水套和尾水套七大部分，导向器装于模座内孔中，在共挤模座的中心设有孔Ⅰ，模座的中心设有与共挤模座直径大小相

同、轴线重合的斜孔，过渡板的中心设有孔Ⅳ，汇流板的中心设有内锥孔，导向器的中部有一个凸起，在导向器的左边外表面上有一个外锥面，这样在共挤模座、导向器、模座Ⅲ，便于钢芯穿过，从而实现塑木钢芯共挤。

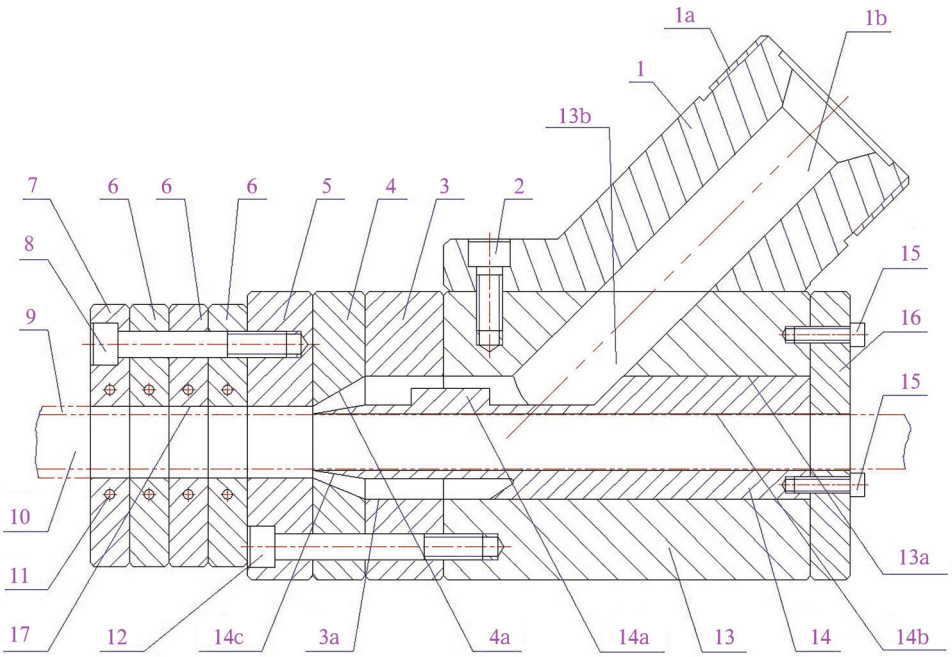


图 3-10　塑木钢芯共挤模具整体结构示意图

1- 共挤模座　1a- 连接螺纹　1b- 进料口　3- 过度板　4- 汇流板　5- 口模　6- 水套
7- 尾水套　8- 连接螺栓　9- 塑木层　10- 钢芯　11- 冷却水孔　12- 连接螺栓
13- 模座　14- 导向器　14a- 导向器凸起　14b- 导向器内孔　14- 导向器外锥面
15- 连接螺栓　16- 固定板

工作时，钢芯 10 通过导向器 14 中心的孔Ⅲ导向，从导向器 14 中心的孔Ⅲ的右边进入并向左连续送进。共挤模座 1 通过螺纹 1a 与挤出机相连接，塑木热熔料从挤出机中流出，进入共挤模座 1 中心的孔Ⅰ中，然后进入模座 13 的斜孔 13b，再流进导向器 14 与模座 13、过渡板 3、汇流板 4 及口模 5 之间形成的空腔中。当塑木热熔料流至导向器 14 的凸起 14a 与过渡板 3 中心的孔Ⅳ之间的空腔时，产生紊流，塑木热熔料重新分配流量。当热熔料继续流至导向器 14 的外锥面 14c 与汇流板 4 中心的内锥孔 4a 之间的空腔时，由于此区域的流道由宽渐窄，流体将产生压缩，提高了密度。当流体流出汇流板 3 进入口模 5 中心的孔Ⅴ时，

热熔料流体将复合在钢芯 10 的外表面上，并在口模 5 中成形，形成塑木层 9，当塑木层 9 进入水套 6 和尾水套 7 时，将通过冷却水孔 11 逐渐冷却，使塑木层 9 定形。这个过程连续进行，就形成了塑木钢芯共挤材。

图 3-11 所示是各种塑木共挤型材，其中包括表面功能层 / 塑木共挤、竹 / 塑木共挤、木 / 塑木共挤、铝 / 塑木共挤和钢 / 塑木共挤等。

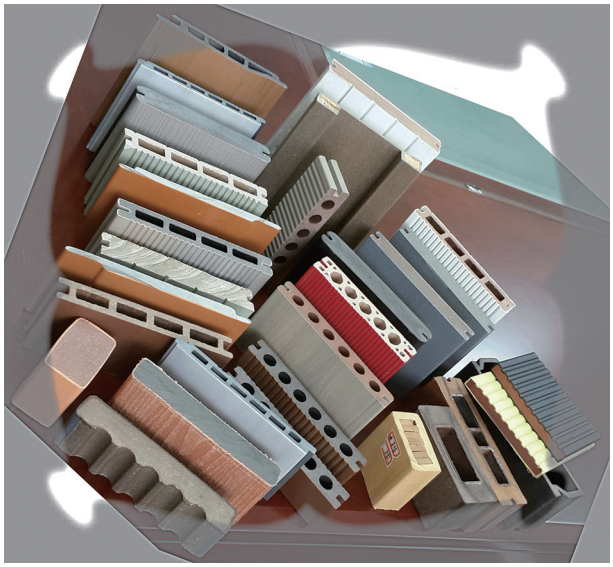


图 3-11　各种塑木共挤型材

经过十多年的努力，我国塑木复合材料产业链的上游配套产业已从无到有，伴随塑木生产企业的快速发展而迅速成长，有力地促进了我国向世界塑木复合材料生产大国发展，并正在共同努力朝世界强国方向迈进。

3.3　我国塑木复合材料产业发展过程中存在的主要问题

目前我国塑木产业仍处于快速增长期，整个产业链无论从原料、工艺技术、配套产品和应用范围等环节都取得了长足的进步，产品的外观、安全性基本上能满足使用要求。但作为一个战略性新兴产业，在发展过程中难免会有一些问题，需要引起重视和解决。

3.3.1　关于产品同质化问题

1. 塑木产品同质化的形成

塑木产品同质化是指不同企业的塑木产品在性能、外观甚至营销手段上相互模仿 , 以至逐渐趋同的现象。

塑木制品行业门槛较低，因其具有环保及资源综合利用的特性，符合国家政策导向，所以此产品的未来发展被普遍看好，大大小小的生产企业纷纷“上马”。然而，大部分企业缺乏产品开发创新能力，一开始都生产塑木托盘，形成了同质化的局面。由于相互间的激烈竞争，产品本身还存在一些尚未解决的问题，导致了产品销售困难，不少企业被迫倒闭，塑木行业经历了一次“洗牌”。2004 年左右，个别有研发能力的企业，借鉴国外经验，发挥塑木材料的特点，开发了应用于园林景观、室外家具等方面的型材，于是几乎所有的塑木企业先后转向生产塑木铺板、护栏和室外家具等型材，使塑木行业进入第二次同质化状态。

2. 同质化对塑木产业发展的影响

塑木产品同质化加剧了生产企业间的竞争，面临有限的市场容量，塑木行业的有些企业采取偷工减料、以次充好来降低生产成本，获取竞争优势，导致大量同质化的产品涌向市场，到处引发价格战，绝大部分企业一方面反对同行的压价竞争，一时难以跳出同质化的怪圈，同时自己也在为同质化做着“贡献”，这种同质化现象，影响了企业的利润，没有足够的资金投入产品的研发和品牌化建设，只能维持在一个恶性竞争之中。长此以往，同类行业的整体技术水平和产品质量很难有一个大的提高，严重影响了行业的良性化发展。

3. 产品更新是解决同质化问题的重要途径之一

我国塑木工业的主流产品仍是传统的产品，其耐候、防霉、表面硬度及装饰等方面的性能有待进一步提高。如前所述，美国经过多年努力开发成功了表面层共挤的新产品，成功并有效地提高了产品耐候、防霉、表面硬度及装饰等方面的性能，得到了消费者和市场的认同，已逐步成为塑木市场的主流产品。受此影响，我国有多家塑木厂家也进行了研发，2011 年上半年有少部分厂家对共挤技术有所突破，但在共挤产品的表面效果和生产稳定性方面与北美相比，仍有一定差距。据测算，生产共挤产品，成本约提高 12%，而售价却增加 30% 左右。

3.3.2 关于塑木标准化及系列化问题

作为战略性新兴产业，为保证生产、销售等环节有条不紊地进行，就必须通过制定和执行各种技术标准、工作标准和管理标准，使各生产部门和企业内部各生产环节有机地联系起来，稳定和提高产品、工程和服务的质量，促进企业走质量效益型发展道路，增强企业素质，提高企业竞争力，并促进国际贸易的发展。

由于我国塑木工业的起步有一定的自发性，所以在标准化工作方面未能及时跟上，于是出现了一系列问题。

《国务院关于印发深化标准化工作改革方案的通知》（国发〔2015〕13 号）强调了改革的必要性和紧迫性，其中列出目前我国标准化工作方面的有关问题，现结合塑木工业的实际情况进行讨论：

（1）标准交叉重复矛盾，不利于统一市场体系的建立　标准是生产经营活动的依据，是重要的市场规则，必须增强统一性和权威性。塑木产品是一种非塑非木的新材料产品，由于产品的原料中有塑有木、产品的用途又是多种多样，因此涉及的管理部门较多。在没有根据塑木特性制定出统一的塑木试验方法国家标准的情况下，先制定并颁布实施了与塑木性能相关的标准，其中包括：国家标准 3 项、行业标准 3 项和地方标准 2 项（详见本章第 3.1.6 节）。于是就造成同一种塑木制品采用的试验方法标准不同的情况。造成因标准混乱，导致试验结果没有可比性，这一问题应通过修订标准加以解决。

另外，标准重复问题严重，多部门争抢制定标准，往往把同一产品的名称稍加变化后，又申请批准并获批颁布，例如2009发布了GB/T 24137《木塑装饰板》国家标准，在标准的“范围”中明确规定“本标准适用于通过各种工艺加工而成的室内外装饰用木塑板材和装饰线条类。”并在标准“术语和定义”3.1 中明确把“木塑装饰板”定义为“室内外装饰用非结构型木塑复合板材。主要有墙板、壁板和顶棚等。”而到 2013 年后又颁布了 QB/T 4492—2013《建筑装饰用塑木复合墙板》、JC/T 2223《室外装饰用木塑墙板》和 JC/T 2224《室内装饰用木塑墙板》三部行业标准。塑木（木塑）墙板有 4 个标准，使用者无所适从，等于没有标准。

（2）关于塑木标准体系问题　标准体系是制定标准化计划的主要依据，由于塑木产品没有一个专业的标准化技术委员会，只有在全国轻质与装饰材料标准化技术委员会下设立了一个木塑分技术委员会，由于隶属于轻质与装饰材料行业，难以统一塑木有关的各行各业塑木标准化管理工作，因此塑木有关的各部门都制定侧重本部门情况的塑木标准体系，无法形成一个统一的塑木标准化体系，形成了各自为政、政出多门的情况，造成了多头管理争抢项目的状况，形成了标准重复制定的情况。这就必然造成标准选用困难、有章难循的局面，或者在选用后产生歧义，甚至会引起各种纠纷。这就是标准体系缺位所造成的后果。

（3）关于标准内容的差异问题　由于 WPC 虽然有很多优点，大部分都是用来替代木材，可是在使用过程中某些性能下降的情况比木材严重，主要表现在温度和湿度、耐光老化性能和耐冻融性能等方面，随着使用时间的延长，性能随之下降。不同工艺和不同配方制成的制品，其下降的程度也是不同的。为了长期安全使用，在 GB/T 29419-2012《塑木复合材料铺板性能等级和护栏体系性能》中规定了统一的测试方法，分别根据载荷保留值确定修正系数，并计算出一个总的修正系数，然后在设计计算时将此因素考虑进去，对承载能力进行修正，以确保使用安全。而在此标准实施前制定的各制品标准都没有此项要求，造成标准内容的差异，因此有待有关管理部门处理解决。

（4）标准化协调推进机制不完善，制约了标准化管理效能提升　标准反映各方共同利益，各类标准之间需要衔接配套。很多标准技术面广、产业链长，特别是一些标准涉及部门多、相关方立场不一致，协调难度大，由于缺乏权威、高效的标准化协调推进机制，越重要的标准越“难产”。有的标准实施效果不明显，相关配套政策措施不到位，尚未形成多部门协同推动标准实施的工作格局。

我国塑木有关的国家、行业及地方标准已经颁布了至少 20 多项。据了解现在申请、制定、报批、待审的数量可能还超过这个数字，这可谓世界第一。由于上述原因，造成标准真正实际使用率极低，有的可能是微乎其微，这不但影响了塑木产业发展，而且还浪费了大量财力和人力等社会资源。

（5）关于产品系列化问题　由于我国塑木生产企业除了批量出口以外，国内市场大部分都是直接面向各类工程需求，根据工程设计的要求提供不同形状、规格尺寸的产品，如果没有现成的或供设计者选用的产品，就定制新的模具，长此以往许多企业形成了多品种、小批量的生产模式。

塑木复合材料的挤出生产工艺是一种连续的生产模式，适用于规模化生产，如果实行多品种小批量生产，必然需要频繁换模具，造成生产效率降低、设备及模具折旧费用高、原材料浪费大、对工人操作技术要求高、排产难度大等弊端，最后必然造成生产成本增加，直接影响到塑木产业的健康高速发展，因此推进塑木产品系列化是目前一项不能忽视的任务。

3.3.3　关于产品质量问题

1. 塑木产品质量的现状

我国塑木产品质量存在的主要问题是良莠不齐。有一部分规模化生产的企业

连续多年出口到国外技术先进的国家，产品质量得到国外消费者的认同。目前，据估计年出口总量大于国内市场的销售总量。而在国内市场的产品呈现明显的良莠不齐的现象，质量低劣的产品，主要表现在：强度低下、不能满足使用要求、易褪色、耐老化性能差和使用寿命短等方面。由于目前我国生产的塑木复合材料的物理力学性能普遍偏低，制约了材料的应用范围和高端产品的开发，使塑木复合材料的附加值普遍不高，不仅影响了企业的积极性，也使行业的良性发展受到一定阻碍。

有的产品质量较好，充分显示了塑木复合材料的特点，如南京古林公园的工程是 2006 年 3 ～ 4 月份建成的，历经多年的暴晒、霜冻、风吹和雨淋的考验，目前情况良好，尤其是条凳，外观基本没有明显的变化，如图 3-12 所示的是使用 10 年以后，于 2016 年 3 月拍摄的。

图 3-12　南京古林公园的塑木条凳使用 10 年后的情况

但是也有些塑木工程，由于塑木材料的质量问题造成了严重后果。例如：根据《南湖晚报》报道，在浙江嘉兴某地曾修建便于村民通行的绿道。为美化景观，将水泥桥的桥面铺设了塑木铺板，并安装了塑木护栏，结果使用不久，铺板严重破坏、护栏支离破碎，如图 3-13 所示红线框中为护栏的破坏情况。由此可见，我国塑木产品的质量差异明显，不得不引起业界的高度重视。

图 3-13　铺板和护栏严重破坏

2. 造成塑木产品质量低下的主要原因

（1）恶性价格竞争导致企业为争夺市场，只重视产品的销量，而忽视产品的质量。

（2）大部分中小微型企业缺乏研发和设计工艺配方的能力，又没有必要的检测手段。为了降低成本，有的加大木粉含量、不控制回收塑料的质量，更有甚者不加或少加助剂等。只要外观成型就认为是合格产品。

（3）没有执行塑木产品的标准，有的企业连企业标准都没有，有的虽然有企业标准，但并没有认真执行，使产品质量无法控制。

（4）没有建立有权威的产品质量认证机构。

3. 塑木产品严重质量问题造成的后果

（1）对塑木这种新型材料的了解和信誉造成严重的负面影响。

（2）浪费了大量人力、原材料和能源等宝贵社会资源。

（3）加剧了国内市场的恶性价格竞争，使具有规模化生产能力的企业的产品在市场上失去价格竞争力，产品纷纷流向国外，使外商坐收渔翁之利。

以上的结果必然影响到我国塑木产业健康顺利的发展，所以必须通过各方面的努力加以解决。

3.3.4　关于设计和施工问题

由于塑木复合材料在我国开始应用只有十多年的时间，工程设计者和施工者对这种新材料的特性还不够了解，往往采用传统的木材设计和施工方法进行设计和施工，因此容易造成工程的质量问题，最常见的有以下几类：

1. 选型不当和强度不足问题

铺板在室外公共场合作地板使用时，未经强度计算，采用空心结构产品，于是发生断裂破坏等情况。

2. 线胀系数问题

塑木材料的线胀系数的数值与木质纤维添加量有关，在长度方向一般为（4 ～ 11）×10 -5/℃约比普通木材大将近一个数量级，设计或施工时往往没有预留合理的伸缩缝，结果造成顶起或挤裂的情况，如图 3-14 所示。

图 3-14　热胀冷缩造成的破坏

3. 龙骨支撑跨距问题

由于塑木复合材料的弯曲强度比木材低，在同样截面尺寸的情况下，经常发生按设计木材的经验进行设计塑木地板的龙骨支撑跨距，跨距过大使承载能力下降，出现强度不足而发生断裂的现象，如图 3-15 所示，是在使用过程中发生的变形或断裂等现象。

图 3-15　塑木变形或断裂

4. 连接方式问题

塑木材料的脆性大于木材，设计时按木材的隼头连接方式，容易形成连接强度不足而发生断裂等情况。只有当塑木材料的截面积较大，并且连接强度要求较低的情况下，通过强度核算后才能使用。

3.3.5 关于塑木产品的市场问题

我国塑木产业从 20 世纪末期开始起步，由于塑木复合材料本身具有环保和资源综合利用的特性和防水、防腐、使用寿命长等一系列性能特点，是一种具有强大生命力的朝阳产品，得到政府政策的支持，因此引起不少国内外投资者的兴趣，纷纷投资建厂，生产企业的数量不断增加，规模不断扩大，年生产能力超过万吨的企业已达十余家。如此高速的发展也引起了国外尤其是欧美、日本等发达国家和地区客商的关注，纷纷来华采购，形成了我国塑木工业产品总量出口大于内销的局面，现已成为世界塑木产品的最大出口国，而国内市场还未成熟。我国塑木市场的发展相对落后于欧美和日本，消费者对这种新产品大都处在初步认识阶段。

1. 塑木产品的国外市场

塑木产品在国外市场的销售，近年来保持较为平稳发展的态势，销量约占我国塑木工业销售总量的 60% 以上，其中 6 成以上是销往欧洲。先后已销售到世界 50 多个国家和地区。

销售的产品大部分是各类铺板，根据客户要求的尺寸、形状、规格签单。也有部分与外商合作开发的产品或装配好的可直接进超市的隔墙板等产品。外商对产品质量的要求尤为严格。

塑木产品出口贸易的特点：产品大部分属于中低端，但对质量、物流环节（包装、运输等）的要求较高；货款基本能按合同规定支付。

由于销售到国外市场的企业是具有规模化生产的企业，在国内市场与中小型企业的竞争中难以取得优势，因此纷纷瞄准国外市场，这给国外采购商提供了提高质量、压低价格的机会，使这些企业承受很大的经营风险，遇到原材料价格上涨或者发生质量问题索赔等情况时，就会造成经营亏损，这类情况发生的可能性较大，这是目前亟须解决的难题。

2. 塑木产品的国内市场

塑木产品的国内市场存在的一些问题有待认真解决，否则会影响塑木产业高速健康发展。

（1）产品价格竞争激烈　由于我国塑木工业的企业大部分是中小型尤其是微小企业，因产能有限，一般趋向小批量的生产经营模式。有的对产品质量不够重视，在国内市场基本是以直销工程承包商为主。由于这类生产企业技术力量较弱，创新能力较差，产品同质化现象严重，导致市场上激烈的价格竞争。有的企业为了降低生产成本，忽视产品质量，时有低价劣质产品进入市场，造成工程质量事故的发生。这不仅造成了很大人力和财力的浪费，还会让使用者对塑木这种新材料的性能产生怀疑的负面影响。

这类销售模式，往往还常有工程承包商的货款不能按期到账的经营风险，这对生产企业的资金链会产生很大压力，影响发展生产。因此塑木产品的国内市场需要进行整顿，形成规范的市场体系。

（2）市场化销售体系没有形成，造成出口量大于内销量　我国的塑木生产企业主要采取直销或通过设计施工部门推荐销售的方式，没有形成市场化的销售体系。也没有形成欧美的连锁超市的营销模式。随着应用日益广泛，分销商开始出现，但还处于趋于逐步成熟的阶段。因此，造成规模化企业没有批量销售的渠道，面临进一步发展的困境，于是国外客户抓住这个机会采用压价方式，纷纷来华采购，形成了我国塑木产品出口量大于内销量，成为世界塑木制品的最大出口国的局面。出口企业为求生存被迫接受低利润销售，由于外贸利润低微，有时还会由于产品质量等问题，往往遇到索赔而造成无利可图，这对我国塑木产业的发展造成严重的影响。

（3）值得关注的是近年来随着互联网的发展，网上销售的模式如雨后春笋开始发展，拓宽了塑木材料的应用范围　目前虽然成交量不尽人意，许多网店尚无成交记录，其原因可能是多方面的，例如塑木产品的大众认知度还不够高、受传统的实木为优的观念影响、产品设计创新的力度不足等，更主要的可能是价格高于优质木材或防腐木。在这样情况下大部分网店仍能坚持经营，这是难能可贵的。随着国家经济宏观面继续快速稳健发展和互联网＋塑木产业的实施，这一系列问题也将得到解决。符合塑木产品特点的市场化销售体系必将逐步走向成熟，网上销售也将是不可忽视的销售模式。

3.3.6　关于技术研发及产品创新问题

技术研发、产品创新是塑木复合材料产业发展的原动力，我国塑木工业的初创期，企业规模都很小，基本上都不具备研发的条件，随着产业的发展，出现了一批规模较大的企业，使企业的研发能力逐步形成和提高。而科研院所和高等院

校从 20 世纪 80 年代就开始研究，到 21 世纪初在国家政策的指引和鼓励下逐步形成了高潮，促进了我国塑木产业的迅速发展。但是目前还存在几个主要问题：

1. 科研成果转化率低

到 2015 年中期，根据国家知识产权局专利检索与服务系统提供的数据，已公开的专利申请中，涉及塑木复合材料的有 3119 篇，但真正在生产实践中推广应用、转化为生产力的数量很少。

2. 产学研结合需进一步加强

我国在产学研结合方面都做了不少工作，也取得了不少成果，但由于对于研发及创新的理念和目标有时会有一定的差异，因此往往会影响生产企业与研究部门的紧密联系。

3. 研发经费投入不足

由于中小企业的经济实力有限，再加上激烈的价格竞争造成利润下滑，资金力量有限，无法承担研发创新的经费。

对于规模较大的企业，不少被批准为“高新技术企业”，而国家对“高新技术企业”的考核指标之一是每年科研费用的投入达到销售收入的 3% ～ 5%，实际上能真正达到这个指标的企业并不多。因此也影响塑木产业的技术研发和制品创新，造成难以突破产品同质化的状况。

总之，中国塑木复合材料行业中的许多问题亟待解决，在国家政策的支持和产业各界共同努力下，一定会克服困难，解决难题，在“十三五”期间再创辉煌。

第 4 章

我国与发达国家塑木复合材料产业的比较

我国塑木产业从 21 世纪初起步后，立即受到政府的重视，2002 年国家科技部“863”项目和国家林业局“948”计划将塑木复合材料列入了生物质重组课题；2001 年以来国家发改委将塑木复合材料项目列入“国家高科技产业化新材料专项”。由于塑木复合材料制品具有明显的环境保护特点，并符合资源综合利用和促进循环经济发展的作用，现已从无到有，快速发展成为一个具有相当规模、世界先进的战略性新兴产业，并带动塑木助剂、塑木生产设备和塑木模具产业的兴起，逐步发展形成一个完整的产业链。

塑木产业的发展主要体现在产业的规模（产能产量）、产品的质量、生产和应用技术的进步、市场成熟度的提高等。十几年来在 WPC 生产企业、设备和模具制造企业、科研院所及大专院校等方面的共同努力下，我国塑木产业取得了高速发展；塑木制品的产能与产量稳居世界前列；产品还批量出口到世界各地。中国塑协塑木专业委员会从 2007 年开始，每年举行一届中国塑木国际论坛，邀请国外行业协会、著名专家、学者和知名的塑木企业等代表参加会议，共同交流最新研发成果、生产及应用技术的发展情况。中国塑木产业的崛起获得了世界各国同行的认同。

我国塑木制品的产能及产量已处在世界领先地位，技术及研发成果接近或达到世界先进水平。同时带动了产业链的发展，尤其是塑木加工设备方面，现在已经有许多塑料加工设备厂通过产学研合作，研发出各种塑木新的专用设备，满足塑木生产企业的需求，有的还出口到俄罗斯、马来西亚、越南等国家和地区；塑木模具也已形成了具有相当规模的新产业，也开始出口到国外。

与发达国家相比，某些领域还存在一定的差距。主要表现在市场体系尚未成熟、科研成果的转化、塑木专用助剂和新型的开发、生产企业的规模和应用技术等方面，如科研成果的转化率较低、专用助剂的品种与质量偏低、加工设备与成型模具的水平低、生产企业的规模偏小、产品质量监控不够严格等方面。

4.1 我国塑木制品的产量世界领先

我国塑木制品的历年产量的增长情况如图 3-2 所示。2015 年的产量继续超过北美，与其他各国相比的情况如图 4-1 所示。

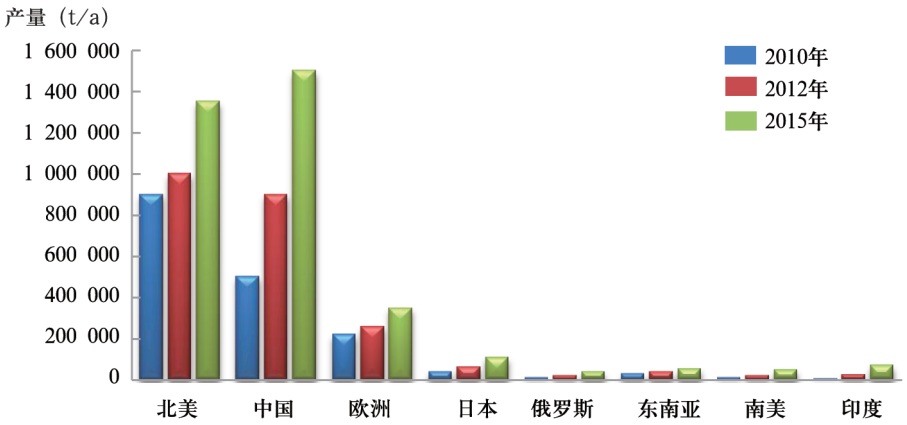


图 4-1　世界各国家和地区塑木产量

（参见 NOVA Lintitute《2014 年 WPC 市场研究》）

4.2　生产企业规模有明显差异

我国塑木生产企业在发展初期，绝大部分是中小型民营企业和中外合资企业，随着 WPC 的发展，逐步出现一部分规模较大的企业。根据 NOVA Lintitute 报告中显示，2012 年我国的生产企业数量为 422 家，平均每家企业的年产量为 2 133t，与日本的 2 600t 和南美 2 000t 相接近。而北美只有 56 家，平均每家企业的年产量为 19 643t。由此可见，我国塑木企业的生产规模与北美相比相差 9.2 倍。笔者认为对于塑木材料企业生产规模应因地制宜，尽量与原材料资源供应情况相匹配。在此前提下经过可行性论证，努力形成规模化生产形式，以利降低运输成本和提高产品质量，取得更大的社会效益与经济效益，但不宜盲目追求扩大生产规模。

4.3　技术及研发成果接近或达到国际先进水平

塑木复合材料这个战略性新兴产业，是新兴科技和新兴产业的一种深度结合，体现了当今世界知识经济、循环经济、低碳经济发展的潮流。目前尚处于成长过程中，因此加强对 WPC 的研发是一项必不可少的重要任务。

在我国塑木的技术研发方面，得到了政府的高度重视，我国已有一大批高等院校和研究单位积极开展 WPC 的研发，据不完全统计，至少有 41 所大学和 9 个研究院所组织力量研究开发相关的课题。

国家教育部还在东北林业大学设立了“生物质材料重点实验室”，其目标就

是为 WPC 这个新兴产业的形成和发展提供科技和人才支撑。主要研究 WPC 的界面科学、流变学、基本树脂的结晶行为、蠕变与断裂、耐候性与老化机理及 WPC 应用技术等。截至 2012 年已完成科研项目 22 项、授权发明专利 2 项，先后发表论文 89 篇，其中 24 篇发表在国外专业学术刊物上。另外有不少高等院校，将 WPC 列为博士生或硕士生的研究课题，例如南京林业大学从 2005 年开始就坚持有计划地对 WPC 这种新材料的各项性能和应用进行全面深入的研究，已先后完成了 40 多个课题或项目的研究。这么一大批高等院校和科研部门产生了大量的研究成果，加深了对 WPC 这种新材料的了解，对塑木产业的发展起到了重要的促进作用。另外，还有一部分有研发力量的企业结合企业实际，在工艺配方、助剂开发、模具与设备改进和创新等方面进行了研发，也取得了大量科研成果。因此形成了我国塑木产业的一支强大的研发力量，成为我国塑木产业发展的动力。

十多年来，我国塑木产业在技术研发方面不仅取得了大量科技成果，而且还培养出一批稀缺的专业技术人才，在国内外产生了一定的影响。与北美、欧洲、日本等发达国家和地区相比，虽然起步较晚，但在政府政策的有力支持下，经全行业的共同努力、奋起直追，大大缩小了差距，现已与发达国家并驾齐驱。但研发设备先进程度、高级科研人才的培养、科研成果转化等方面与发达国家相比，还存在一定差距，相信在不久的将来一定会赶上或超过国际先进水平。

4.4 塑木基本材料采用情况的比较

我国塑木复合材料按基本原材料可以分为两个主要类型：

一类是聚烯烃基塑木复合材料，这类材料主要是以聚乙烯（PE）和聚丙烯（PP）为基料，在我国采用高密度聚乙烯塑料（HDPE）更为广泛。改性增强剂木质纤维主要采用木粉和稻壳粉，也有因地制宜开发采用竹子、麦秸秆、棉花杆、甘蔗渣和椰壳等磨成的粉料。最近又有研发成功用废弃的芦苇制成粉料的报道，充分发挥了资源综合利用的特点。

另一类是聚氯乙烯（PVC）基塑木复合材料，其中 PVC 塑料一般采用新料，也有掺加少量回收料。木质纤维添加量较少。由于 PVC 塑料的比重较大，因此一般都进行微发泡处理。

我国塑木复合材料的基本材料的采用情况与北美较相似，塑料是以聚烯烃类回收塑料为主。日本过去大部分采用新塑料，而现在回收料的应用也越来越多，并对回收料的组分及纯度规定的要求较为严格。欧洲塑料基料的采用情况与我国有较大差异，欧洲由于 WPC 开始时大量运用于汽车内饰件之类，因此大部分塑

料采用聚丙烯（PP），2005 年在挤出成型中采用的 PP 占 82%，聚乙烯（PE）占 10%，而 PVC 仅占 8%。到 2010 年 PVC 所占的份额扩大到 20%，PP 缩小到 70% 左右。到 2012 年欧洲 WPC 经过几年的市场开发，WPC 被广泛应用于铺板和围栏，由于 PE 价格更便宜，而且回收 PE 也比回收 PP 更容易获得，因此 PE 的份额大幅上升到总用量的 32%， PVC 上升至 28%，而 PP 下降至 40%。但在注射成型中 PP 基的产品份额仍占到了 93%。

我国的木质纤维行业与国外同行相比有着较大的差别，主要是来源和处理方式。

我国是工业制造大国，分布着大量的粮食、竹材和木材加工企业。我国塑木行业所使用的原料基本来自这些加工企业的副产物和边角料。木质纤维的原料在加工前基本已经是经过一定干燥和处理的粉末、碎块或刨花，加工程序简单、成本低。而国外农林加工企业较少，塑木行业所使用的原料基本是建筑废弃木材和一些木材次生枝加工而成，生产过程有破碎、研磨、干燥和改性，加工成本较高。

欧洲的塑木制品中，对于挤出成型采用改性增强的木质纤维占 82%，其他是纸浆、稻壳等，而注射成型中采用改性增强的木质纤维占 80%。对于汽车塑木内饰件，采用的天然纤维主要是以亚麻为主，其他为黄麻、洋麻和大麻等。这点与我国有较大差别。

4.5 WPC 成型方法的比较

我国绝大部分采用挤出成型，少量采用注射或压制成型。挤出成型是生产铺板、护栏和墙板等应用广泛的 WPC 型材的成型加工方法。为了提高塑木制品的耐候、表面硬度和美观等性能，北美、欧洲和日本等国家和地区先后开发成功了表面共挤的挤出成型工艺，促进了产品更新换代。我国部分企业也已开发成功，如惠州美新、宜兴华隆、安徽森泰、宁波禾隆和南京聚锋等，有的还出口到国外，但挤出成型所占的份额与发达国家相比尚有较大差距。

我国 WPC 的成型方式除挤出成型外，还有小部分采用注射成型，估计不超过 2%，而欧洲在 2012 年 WPC 的总产量 26 万 t 中就有 1.5 万 t 是注射成型用的粒料，占到 6% 的份额。此粒料主要用于生产汽车零件、生活用品及各种消费品等。并预计到 2020 年将会增长到 10 万 t。因此，显示了注射成型生产 WPC 产品具有很大发展空间，这点值得我国借鉴。

在欧洲压制和热压成型占成型生产工艺的 13%，是世界各国的 WPC 生产工艺中最高的，主要是因为汽车内饰件大部分都采用此生产工艺。

4.6 塑木专用助剂方面的比较

要生产合格、高质量的塑木材料，必须在工艺配方中，根据 WPC 产品性能要求加入各种专用助剂，如偶联剂（相容剂）、润滑剂、着色剂、抗菌剂、光稳定剂及其他助剂等。塑木专用助剂的开发与合理应用，可以认为是塑木产业的关键技术之一。许多科研院所、大专院校与生产企业结合，积极进行研发，取得了不少科研成果。公开发表的国家专利有 100 余项，但产业化程度较低。市售的产品价格一般低于进口产品，因此国产化程度较高。但有些产品的质量稳定性和使用效果与国外发达国家相比，尚有一定的差距。

4.6.1 偶联剂（相容剂）

国外常用的界面改性剂（包括部分表面处理剂）主要有：异氰酸盐、铝酸酯、钛酸酯、硅烷偶联剂（如 γ－氨丙基三甲氧基硅烷）、乙烯－丙烯酸酯共聚物（EAA）、酚醛树脂、马来酸酐接枝 PE（MAPE）或 PP（MAPP）等。但考虑到适用性和成本原因，国内常用的偶联剂主要是国产的马来酸酐接枝物，国内产品价格比国外进口产品低，接枝率与纯度也较低。由于偶联剂价格较高，添加量也相对较大，目前有的厂家为了降低成本，介入恶性价格竞争，竟在生产塑木复合材料时不加或少加偶联剂，造成产品强度低下，质量事故频发，造成严重不良影响。

国内生产企业在近几年已有了长足进步，但受设备及生产工艺条件的控制，产品质量稳定性较差，很难达到较高的接枝率。国外产品相对稳定性较好，接枝率较高，但价格比国内一般高 40% ～ 80%。因此国产产品仍有 80% 的市场占有率。

4.6.2 抗氧剂

抗氧剂一般都是主抗氧化剂和辅助抗氧化剂搭配使用，目前国内生产塑木复合材料的配方中的主抗氧剂，广泛采用受阻酚类抗氧剂 1010, 这种抗氧剂具有良好的抗氧化性能和较高的性能价格比。也有采用价格较低的 BHT。辅助抗氧剂一般选用亚磷酸酯类 168。这些品种氧化剂国内均能生产。经过十多年的研究与发展，国内外抗氧剂生产企业的技术水平不断提高，差距逐步缩小，但产品的质量还有一定差距，因此进口产品在国内仍占有一部分市场，目前国产抗氧剂的市场占有率约为 60%。

4.6.3 润滑剂

润滑剂的种类很多，在我国塑木生产工艺配方中，对于 PVC 基塑木复合材料主要使用的有亚乙基双硬脂酰胺（EBS）硬脂酸锌和石蜡等，在 HDPE 基的塑

木复合材料中广泛使用带有硬脂酸锌的 EBS。

在国外，如 Struktol 公司开发了适用于聚烯烃基塑木复合材料的 TPW-104 和 TPW-113 新润滑剂，还为 PVC 基塑木复合材料提供 TPW-012 和 TR-113 润滑剂。又如 Lonza Group 公司开发出替代其标准 EBS（Acrawax C）加硬脂酸锌的更为先进的润滑剂（Clycolube WP-2200），这种润滑剂不含硬脂酸金属盐。据报道，它在 HDPE 塑木复合材料中使用效果良好，润滑剂用量可从 4.5% 降为 3%，同时能使挤出机产量增加 1 倍。还有其他公司开发出不少新产品。

相比较国外润滑剂的生产企业，国内企业数量多，但规模化生产企业并不多，技术水平良莠不齐。由于助剂行业大多能为塑木生产企业提供近距离服务和价格低于国外产品，因此国产润滑剂占有 90% 的市场份额。

4.6.4 抗霉 / 抗菌剂

目前聚烯烃的 WPC 制品主要是在生产过程中直接添加抗菌剂，以防止 WPC 腐蚀。这方面国外发达国家较为重视，不断开发出新产品，如瑞士汽巴公司推出针对 WPC 的抗真菌添加剂 Irgaguard® 系列，其中 EB 4325 既是一种广谱杀菌剂，又能消除或降低表面霉菌污染。美国罗门哈斯公司推出了 SB27-ELV 的产品，还具有抗紫外线功能。据报道，0.04% ～ 0.1% 的添加量就能取得明显的防霉抗菌效果等。

由此可见，在 WPC 抗菌剂的开发和应用方面，与发达国家相比存在较大的差距。目前我国对于抗菌剂和防霉抗菌剂使用面还不够广泛，主要因为 WPC 的抗菌防霉性能明显高于实木，大部分以塑木代木的场合均能满足使用要求。而抗菌剂价格昂贵，会提高制品的生产成本，因此在需求者没有指定抗菌防霉的要求情况下，90% 以上的生产企业都不加抗菌剂。但随着国民经济的发展和应用范围的扩大，我国 WPC 抗菌剂的需求也必然会逐步增长。

4.6.5 光稳定剂

光稳定剂对提高 WPC 的耐候性起到决定性的作用。我国在这方面也有不少研究成果，如吕忠韩等在 PE 基 WPC 中，发现苯并三唑类的光稳定剂对颜色的保护比受阻胺类的光稳定剂好，其带有 CL 基的光稳定剂因其吸收能力高，保护效果最佳。在物性上则反之。复配型的综合了两者的优点。杜华研究稻壳粉 / 高密度聚乙烯复合材料的耐老化性能，发现 UV-326（苯并三唑类）与 L-944（高分子量的三杂氮苯类）协同效果最好等。但与发达国家相比，在质量、品种和配比等方面尚有一定差距。

作为受阻胺类光稳定剂（HALS）中间体的三丙酮胺是国内率先实现工业化生产的中间体，同时三丙酮胺的衍生物四甲基哌啶醇、五甲基哌啶醇等中间体的合成也日趋成熟。我国的聚合型高分子量 HALS 研究进展缓慢，进一步拉大了我国与国外企业的技术差距。另外，我国的 HALS 主要基于四甲基哌啶醇以及五甲基哌啶醇进行研发，而五甲基哌啶酮、哌啶胺等中间体却缺乏相应的工业产品，这也在很大程度上制约了这些中间体合成工艺以及 HALS 新品种的开发。相信随着研究的不断深入，各种新的合成方法还会不断涌现，三丙酮胺及其衍生物的合成研究远未结束，仍有待进一步丰富和发展。

除了上述 5 种常用助剂以外，WPC 还会用到一些其他专用助剂，如发泡剂、助发泡剂、稳定剂、增韧剂、增塑剂、抗静电剂和阻燃剂等。在此不逐一展开讨论。

4.7 WPC 生产设备的比较

在塑木复合材料产业中，有些方面与北美、欧洲和日本相比尚有一定差距，本节重点比较废塑旧料回收分拣、造粒和挤出成型机械。

4.7.1 废旧塑料的分拣设备

塑料回收再利用是一个世界性的课题，工业发达国家的一些成功做法就是分门别类合理使用。废弃塑料可以按品种规格分成不同的等级，经过相应的加工处理，分类使用。像企业在生产过程中产生的边角料、残次品等都属于分类回收的塑料，但生活用塑料制品在我国存在分类回收困难的问题：一方面是民众的环保意识不强，塑料分类回收的概念还未被大众认同，不同塑料的分类回收还没有形成；另一方面，塑料制品按原料分类的标志不明显。国家规定塑料制品应在显著部位标志出分类回收标志，但多数制品没有标出，造成回收时的分类不便。

我国塑木复合材料的塑料大部分采用废旧塑料，是塑木复合材料主要原料之一，从回收塑料中分拣所需要的塑料品种是一项重要的工作，因为同一品种塑料的纯度高低直接影响塑木生产的工艺和产品质量。废旧塑料主要是塑料消费后的废弃物，塑料品种混乱，表面不清洁，还会混入杂物，因此必须经过较严格的分拣和清洗。目前我国分拣方法仍广泛采用原始的人工分拣法，先除去金属和非金属杂质，诸如砂石、泥土、木块、纸片、揿扣、线头、麻绳、玻璃和瓷器碎片等肉眼能看到的各种杂质，接着进行制品分类，如薄膜、泡沫塑料、鞋底、边角废料、饮料瓶和各种包装容器等。然后采用外观性状识别和燃烧鉴别的方法对塑料品种进行分类，有的还需进行简单的颜色分类。目前也有个别塑料回收企业引进

国外一些机械化分拣设备。

国外发达国家分拣、清洗工序基本上都实现了机械化，分拣采用的方法有比重差异分离法、熔融分离法、静电分离法、X 射线荧光识别法、红外光谱辨别法、磁选法、密度分选法、静电分选法、浮选分选法和温差分选法等，有的方法已在我国使用，如电缆料的风筛分选法等。如图 4-2 所示的是日本的年分拣量 5 万 t 废塑料回收工程的废塑料分拣机。

图 4-2　日本废塑料分拣机

据报道，我国在天津环保开发区已建成 60 万 t 废塑料回收基地，投资 30 亿元，采用正反向自动分拣生产线，128 条 75 挤出机造粒线，但经济效益不尽人意，后来出现严重亏损。原计划在重庆再建一个同等规模的基地，现已暂停实施。

4.7.2　废旧塑料的造粒设备

我国塑木产业的造粒设备与国外先进国家的主要差异是没有根据塑木材料的特点设计和生产专用的设备，有的采用通过挤出机配混后直接制成料块，冷却后用破碎机破碎成不规则的颗粒料，这不仅生产效率低、粉尘多、能耗高、助剂消耗量大，而且颗粒形状及尺寸差异大，影响成型工序的生产稳定性和产品质量。国外大都使用塑木材料专用的造粒设备，如图 4-3 所示的德国帕尔曼公司生产的塑木材料专用造粒机，图 4-4 是其内部结构。这种设备集物料混合、混炼、造粒于一体，生产的塑木颗粒，内部塑木物料组分分布均匀，颗粒直径 3 ～ 5mm，产量 400 ～ 500kg/h 的设备电能耗为 450 ～ 500kW • h，环境无污染，只需要一个人操作。助剂消耗量仅为国产的一半。

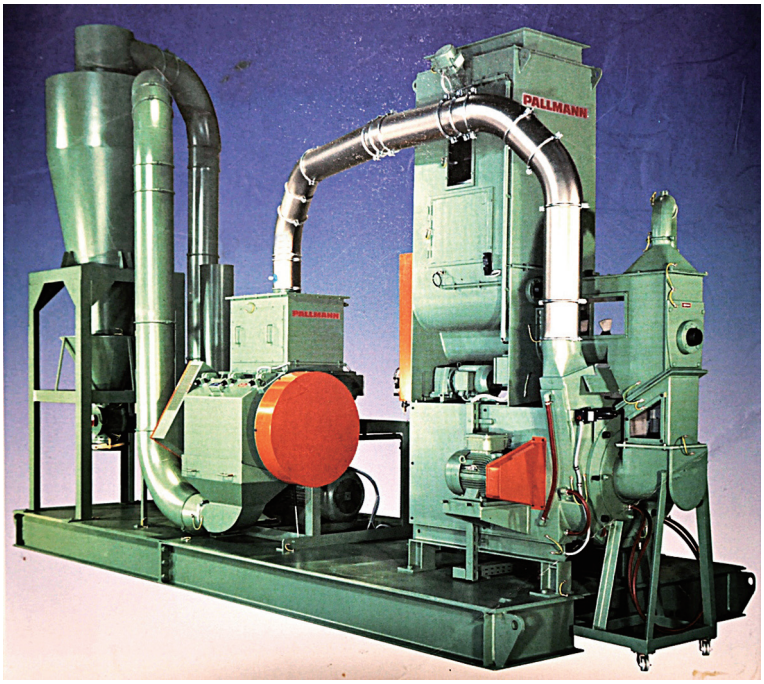


图 4-3　塑木材料专用造粒机

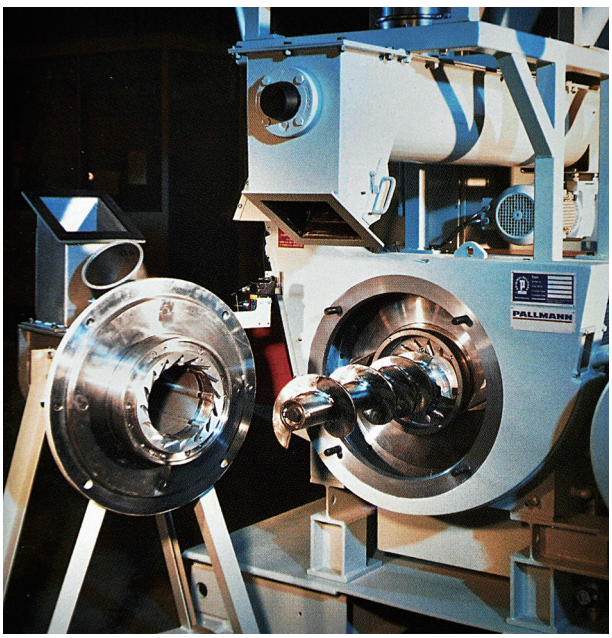


图 4-4　塑木专用造粒机内部结构

4.7.3 塑木的成型设备

我国塑木产业起步时几乎都是用单螺杆挤出机成型，后来逐步被双螺杆挤出机替代，使整个塑木产业成型设备的水平提高了一大步。近年来，异型材挤出机经历了锥双（锥形双螺杆挤出机）和平双（平行双螺杆挤出机）交替发展的过程。锥双和平双各有特点，一般在产量较小（100kg/h）时，锥双具有明显优势，当产量超过 100kg/h 时，常常采用平双而不采用锥双。最近，国外许多公司为了大幅度提高产量，纷纷推出了大直径、大长径比、高扭矩、高产量的平双机型，并设计了更加灵活的结构形式。目前挤出速度呈稳步上升趋势，国外百叶窗挤出线速度为 8m/min、玻璃压条为 6m/min、主型材为 4m/min，而且根据具体情况，挤出线速度还可以增加。目前欧洲的最高水平挤出机产量在 1 500kg/h，主型材一模双腔，挤出速度高于 5m/min，最高可达 10m/min。在这方面我国明显落后于先进国家，这主要反映于设备的设计、材料、加工和智能控制等多方面的综合水平的差异。

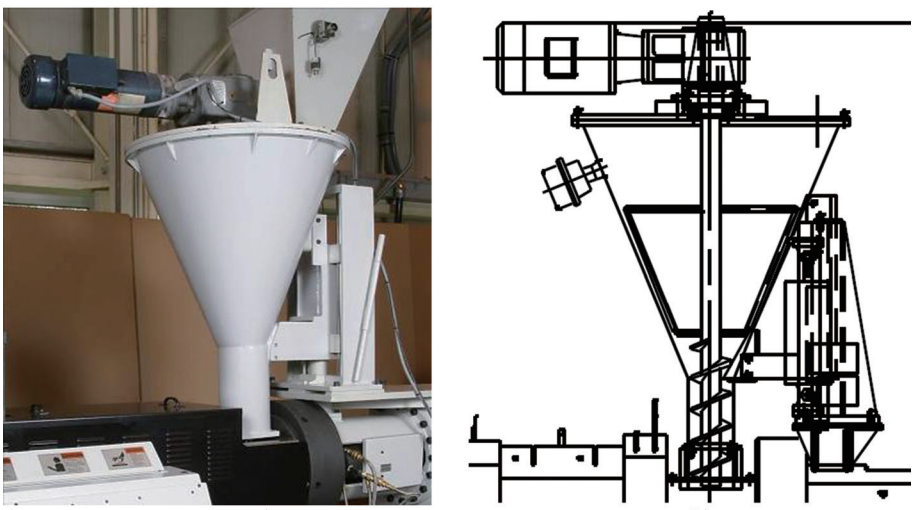
现以美国米拉克隆公司的塑木专用 TC-86 锥形双螺杆挤出机为例，该设备外观如图 4-5 所示。

图 4-5 美国米拉克隆公司的锥形双螺杆挤出机

该设备的主要部件螺杆和机筒选用高硬度、高耐磨的合金材料及采用先进的制作工艺制成。机筒内衬钛合金如图 4-6 所示，螺杆耐磨段作渗钨合金处理，高度耐磨，寿命约 2 ～ 3 年。90 机型产量 500kg/h（用国产模具约 300 ～ 350kg/h）。

图 4-6　挤出机机筒内衬钛合金

根据塑木原料的特点加料采用强制喂料（如图 4-7 所示），以保证加料量及均匀度；加料斗有侧喂料口，可加入助剂和色粉。加料斗的外观如图 4-7a 所示，其内部结构见示意图 4-7b 所示。



a)　　b)

图 4-7　挤出机加料斗

a）加料斗外观　b）加料斗内部结构

冷却部分可以采用冷冻水水雾喷淋等方法，加速制品的定型。并设有排气装置，如图 4-8 所示。

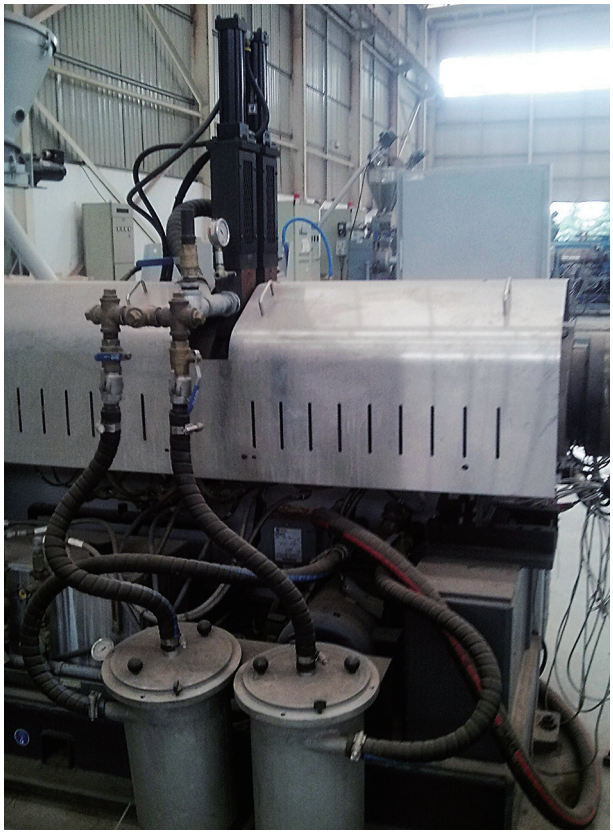


图 4-8　排气装置

4.8　WPC 成型模具的比较

我国塑木模具从 2000 年以后开始有了工业化的规模生产，经历了一个快速发展的阶段，不仅能基本满足国内塑木生产企业的需求，而且还出口到国外。虽然我国的挤出模具已形成了相对较强的生产能力，但与进口的先进挤出模具相比，还存在着一定的差距。因此，尽管进口挤出模具的价格高出国产挤出模具五六倍，甚至十多倍，但每年还要进口上百套挤出模具。国产挤出模具与进口先进挤出模具的差距主要表现在模具结构组成、设计水平、模具材料、制造技术、生产效率和使用寿命等方面。

4.8.1　模具结构和组成方面

从模具整体结构上看，国内模具还是以三段式结构为主（分别是模头、定型模、水箱三部分）。国外则由于物料、配方和挤出机械等配套工艺技术更加成熟，

所以国外模具比国内总体看来要精简许多。以 PE 木塑模具为例，国外模具就不配置定型模和水箱，产品挤出模具头以后，进入喷淋式定型台冷却。

从模头结构上看，国内外都有一出多腔的模具，但是国外多腔模具应用较为普遍。主要是国外多腔模具，每腔的出料速度稳定、同步性好。

4.8.2 模具设计方面

欧美等国家和地区经过三四十年的发展，其塑料异型材挤出模具的设计制造技术已经比较成熟。国外先进的挤出模具生产厂家都有一个可靠的挤出模具设计系统作保证，他们不断进行实验研究和探索，旨在不断提高模具的质量。主要采用理论与实践相结合的办法来解决挤出模具的高速高质问题。以德国、奥地利等为代表的国家和地区在异型材挤出模具的设计研发上一直处于技术领先的地位。

模具设计国外广泛应用 CAD/CAE/CAM 技术，多采用 CAE 技术对模具设计的效果进行分析和预测。利用“Moldflow”模流分析软件对塑料熔体的流动过程及其产生的结果进行比较，充分地考虑和模拟来选择最佳的口模设计方案，并进行散热能力分析，包括模拟模具中的温度分布，对各种材质模具的散热能力进行分析；利用“Ansys”有限元分析软件对模具结构进行强度和刚度分析，包括对模具施加约束和载荷等外部条件来模拟模具的真实应用情况，分析模具的强度和刚度是否达到规定要求；疲劳和蠕变分析，包括对于那些可能在集中载荷、循环载荷和常值位移作用下的模具或处于高温工作条件的模具产品进行初步的疲劳分析和蠕变分析。

国内挤出模具设计在 CAE 技术上普及率还不高，大多模具厂家则一直局限于感性的经验，过多地依赖于反复的调试修模。

另外，国外有的模具制造商在设计中，还注重产品的工业造型、产品外观整齐、一体化和突出弧形造型等。

4.8.3 制造技术方面

近几年，模具加工设备在国内得到较快发展，已广泛使用精密坐标磨床、数控（CNC）铣床、CNC 电火花线切割机床和高精度电火花成型机床等。解决了以前传统切削加工生产模具零件，靠钳工技艺保证质量的问题。但是高速加工、光整加工方面还有很大差距，例如模具型腔表面光整加工，目前模具的研磨、抛光等光整加工仍然以手工作业为主，不仅费时费力，而且表面质量低。发达国家正在研制数控自动化光整加工设备。

4.8.4 模具性能方面

1. 进口的先进挤出模具的异型材挤出速度高于国产挤出模具

异型材挤出速度除受到挤出模具的影响外，还受挤出机组、型材配方和一些工艺条件的影响，由于进口的挤出模具都和进口的塑料异型材生产系统相配套，所以能保证稳定高速挤出。

进口聚烯烃塑木挤出模具主型材的挤出速度从 20 世纪 80 年代的 2m/min，到 20 世纪 90 年代的 2.5m/min，直到目前最高可达到 6m/min。据有关资料介绍，国外单孔挤出模具主型材的挤出速度在不采用内冷却的情况下，已达到了 5m/min。国产挤出模具则是从 1.5m/min 左右提高到 2m/min，领先的国产挤出模具主型材的挤出速度已达到了 2.5m/min 以上，若将其作为一个可保证的稳定水平还有待进一步努力。但我国的聚氯乙烯塑木模具挤出速度与国外水平相差无几。

2. 国外先进挤出模具所生产的塑料异型材截面的规整程度比较高

这不仅是指型材的外形，还指整个壁厚的均匀程度、内筋和功能结构的规整程度。国产挤出模具虽然所生产的型材基本上符合 GB 8814—1998 的要求，但不少在保证型材稳定的高规整程度方面还不理想。

3. 国外先进挤出模具工艺调整较方便、也较稳定可靠

国外先进挤出模具便于实现较低的废品率。这是与国外塑料异型材生产系统的配套分不开的。

4.8.5 模具材料方面

在模具材料的精炼程度、热处理的均匀性和加工过程中的精度控制上，国外材料还是占有优势的。目前，国内挤出模具常采用 20Cr13、30Cr13 等不锈钢系列。国外则使用如德国的 DIN1.2316，日本大同、日立等产专用优质模具，模具寿命大大高于国产模具。当然从模具材料成本来看，国外钢材差不多是国内钢材价格的 5 倍。

4.8.6 模具使用寿命方面

国外先进挤出塑木模具使用寿命明显高于国内挤出塑木模具，主要差异在于国外模具的结构设计合理、使用优质模具专用材料、模腔及其他工作部位的表面硬度高，因此造成国内外塑木模具的使用寿命有较明显的差异。由于没有标准或相对应的试验条件，难以搜集到差异的定量数据。

综上所述，虽然国内塑木产业的进步带动了塑木模具行业的发展，但由于基

础的薄弱和总体水平的差距，塑木模具制造仍然存在许多亟待克服的问题。

4.9 产品应用领域的比较

在北美，WPC 制品主要应用于建材领域，用作室外铺板、护栏等，少部分应用于工业、汽车和室外家具领域。

在欧洲，WPC 除了广泛应用于建材之外，突出的特点是应用于汽车工业。欧洲的汽车公司，包括大众、沃尔沃、奥迪和宝马等，在其生产的汽车里均采用了 WPC。2000 年，欧洲的汽车工业消费的 WPC 为 2 万 t，2005 年达到 7 万 t，2010 年达到 10 万 t。由于汽车报废新法规的颁布，汽车厂家普遍对 WPC 良好的回收性表示出浓厚的兴趣。

日本拥有的 WPC 制品广泛应用于水产养殖设施和运输业，特别是住宅建材领域。WPC 在建材中的应用占了总产量 70%，土木工程占 10%（高速公路护栏、消声板等），家电（音箱等）、汽车和家具等占了 20%。

而我国的应用领域与北美有些相似，主要应用于室外铺板、护栏及园林景观，少部分用于室外家具、物流设施和简易房屋等。借鉴欧洲、日本的经验，应用领域尚有很大的空间。

4.10 市场方面的比较

4.10.1 市场体系

20 世纪 90 年代末期以后，全球 WPC 市场开始起步，并在北美率先快速持续增长，2007 年全球总值已达 20 亿美元。

北美，尤其是美国起步较早，市场规模和技术均居世界领先的地位，到 2011 年北美占世界总市场的份额高达 85%。产品应用范围广，铺板、异型材、窗框、护墙板、建筑模板、壁板、栅栏、扶手、围墙和路标等的建筑产品是 WPC 最大的应用领域，其他还有汽车内饰件，如门内装饰板、座椅靠背、仪表板、杂物箱、头枕插件、备用轮罩和地板等，以及物流产品的应用有托盘、仓储架、仓库铺垫板，园林产品有花箱、室外露天桌和长凳、废物箱、园林亭和桥。另外，美国已实际启动一定长度的铁路轨枕试用，备受各方关注。1999 年美国市场为 20 万 t,2004 年达 100 万 t，2009 年则进一步为 163 万 t，而从市场化方面讲，北美已率先形成从生产企业到消费的塑木市场化流通体系如图 4-9 所示。

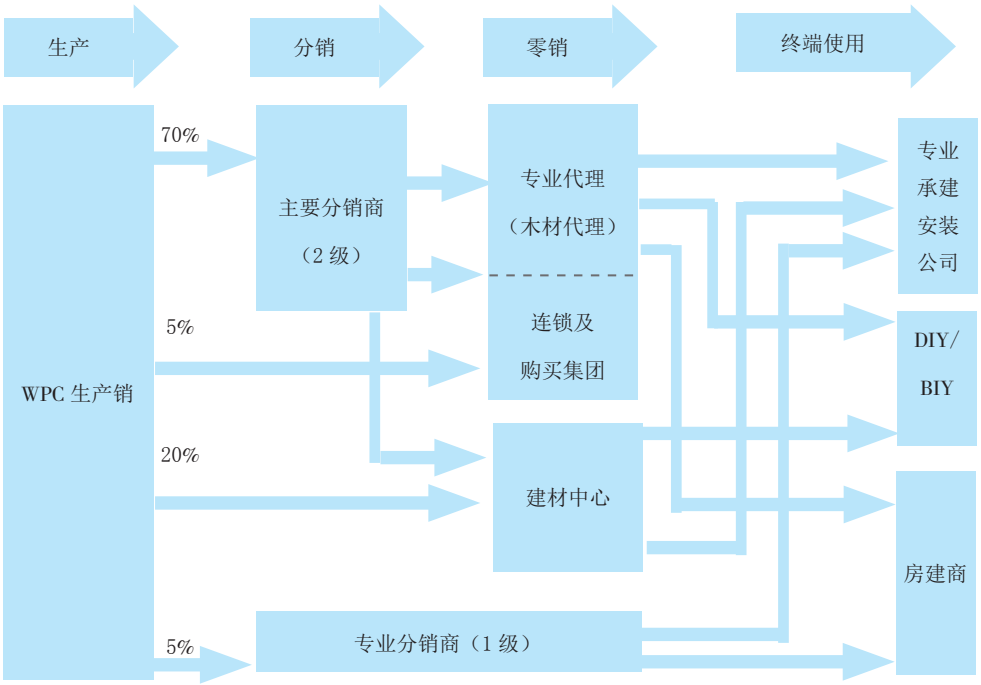


图 4-9　美国的塑木市场化流通体系

其中，大约 90% 的塑木阳台和扶手通过二级分销和大型建材超市销售。二级分销商 60% 的销量由 5 家 WPC 供应商供应；大型超市 75% 的销量由 6 家 WPC 供应商供应。进入市场的新供应商很有限。

欧洲和日本的塑木市场也逐步在形成，前期，欧洲更多地采用天然纤维与塑料的复合材料，应用以汽车工业居首位。目前处于加速发展阶段，似乎有些像北美 WPC 工业起步阶段，增速快，日本 WPC 工业基本依附于成熟的建材市场，其他应用为家具、窗框。

我国的塑木产业起步晚，从应对出口国外商品包装托盘严格的环保要求，试用塑木托盘替代木质托盘开始，发展到护栏、花箱、垫板、公园桥和亭、各种建筑制品等众多制品。消费者所购买的产品大都处于试用阶段，生产企业基本上都是采取直销或通过设计施工部门推销的方式来宣传、销售塑木产品，没有形成市场化的销售体系，塑木市场的发展明显落后于发达国家，国内市场仅处于待发展时期。由于我国塑木产业的快速发展，产生了一批规模较大的生产企业，他们不能适应通过直销的方式来满足小批量多品种的客户需求，而国内的市场体系又没有形成，在这样的情况下，纷纷趋向国外市场，给外商提供了压价的机会。世界

塑木的最大市场在中国，逐步建立国内塑木市场体系已成为当务之急。

4.10.2 产品质量监控的比较

塑木是一种“塑”与“木”的复合材料，由于技术配方、工艺条件等的差异，会形成制品性能质量上很大的差异，因此主要生产国家和地区都特别重视在市场流通的塑木制品的质量监控，由相关部门根据标准和制品的用途制定详细严格的制品验收规范，设立市场准入的门槛。并有专门的认证机构进行第三方权威的质量监督，以确保产品的质量和使用的安全。如在本书第 2.1.3 节中介绍的加拿大，由加拿大建筑材料中心负责制定了实芯和空芯户外铺板的二部技术规范，并进行认证。美国是由 ICC（国际规范协会）负责制定了塑木产品的验收标准和塑木铺板跨距额定值及护栏体系的验收标准，并进行检测评估，ICC-ES 也是行业标准（ACs）的制定者。拥有 ICC-ES 的认证标志产品的制造商可以在美国全部 50 个州畅通无阻地销售产品，这可以严格控制产品质量。在本书第 2.2.5 节中介绍了德国木质板材质量协会（VHI）制定的《VHI（德国）：生产塑木复合材料装饰板生产的质量和测试规范》，此规范已被欧洲各国广泛采用。

通过认证的产品可以成为进入美国或欧洲市场的许可证，更容易通过政府管辖部门的审核，使其产品能够及时使用安装。

而在我国由于塑木产业起步较晚，初期没有塑木相关标准，现在一下出现 20 多个标准，造成标准重复的混乱现象，塑木产品质量无章可循。另外，我国塑木产业大部分都是民营中小企业，技术支撑力度有限、生产工艺较落后，以及价格竞争激励，因此产品质量事故频发。一部分质量控制较好的企业，产品纷纷外销，至今，国内塑木产品的质量监控体系和制度还没有形成，严重影响了我国塑木产业的健康发展。

第 5 章

塑木复合材料产业的发展战略思考与措施

5.1 按照《中国制造 2025》的战略部署发展我国塑木产业

2014 年的热门词汇“工业 4.0”（即第四次工业革命），是一个引起全世界关注的概念，掀起了新一轮工业革命的浪潮。2015 年，随着新一轮工业革命的到来，传统制造业的发展方式将出现颠覆性、革命性的转变。全球正出现以工业互联网、智能制造为代表的新一轮技术创新浪潮。

未来十年，第四次工业革命将步入“分散化”生产的新时代。“工业 4.0”通过决定生产制造过程等的网络技术，实现智能制造，进行实时管理。智能制造中的生产设备具有感知、分析、决策和控制等功能，是先进制造技术、信息技术的集成和深度融合。智能生产过程中，传感器、智能诊断和管理系统通过网络互联，由程序控制上升到智能控制，从而使制造工艺能够根据制造环境和制造过程的变化，进行实时优化，提升产品的质量和生产效率。

“工业 4.0”中各个环节都将应用互联网技术，将数字信息与物理现实社会之间的联系可视化，将生产工艺与管理流程全面融合。由物联网与服务互联网构成“智能工厂”，生产出智能产品。相对于传统制造工业，以智能工厂为代表的未来智能制造业是一种理想状态下的生产系统，能够智能判断产品属性、生产成本、生产时间、物流管理、安全性、信赖性和可持续性等要素，从而为每个顾客进行最优化的产品定制制造。 在下一轮工业革命中，我们要用全新的视野抓住机遇，使我国塑木复合材料产业跟上“工业 4.0”的发展步伐。

国务院于 2015 年 5 月 8 日公布的《中国制造 2025》是中国版的“工业 4.0”规划，该规划提出了中国制造强国建设的三个十年的“三步走”战略，是第一个十年的行动纲领。《中国制造 2025》提出，坚持“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”的基本方针，坚持“市场主导、政府引导，立足当前、着眼长远，整体推进、重点突破，自主发展、开放合作”的基本原则，通过“三步走”实现制造强国的战略目标：第一步，到 2025 年根据《中国制造 2025》的战略任务，到 2025 年我国塑木复合材料制造业要跨进智能化制造阶段，基本建成制造强国。这是一个十分艰巨的任务，因此必须提高我国塑木复合材料产业的创新能力，企业研发经费内部支出占主营业务收入 1.58%；推进

信息化与工业化深度融合数，数字化研发设计工具普及率达到 84%；关键工序数控化率达到 64%，建设数字化及智能化工厂、加强质量品牌建设，行业质量竞争力指数达到 85%；全面推行绿色制造，单位二氧化碳排放量比 2015 年下降 40%、工艺固体废物综合利用率达到 90%。要凸显骨干企业的国际地位，涌现一批掌握核心关键技术、拥有自主品牌、开展高层次分工的国际化企业。自主创新能力要明显提升，具有自主知识产权的技术、产品和服务的国际市场份额大幅提高，提高塑木复合材料产业国际化发展水平，确保各项任务落实到位。第二步，到 2035 年我国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平；第三步，到新中国成立一百年时，我国制造业大国的地位更加巩固，综合实力进入世界制造强国前列。

塑木复合材料产业是我国战略性新兴产业，要发展塑木复合材料产业，必须要充分认识建设制造强国的重要意义，加强组织领导，健全工作机制，研究制定实施方案，细化政策措施。

根据《中国制造 2025》的战略任务，到 2025 年我国塑木复合材料制造业要跨进智能化制造阶段，基本建成制造强国。这是一个十分艰巨的任务，因此必须提高我国塑木复合材料产业的创新能力、推进信息化与工业化深度融合、建设数字化及智能化工厂、加强质量品牌建设、全面推行绿色制造。要凸显骨干企业的国际地位，涌现一批掌握核心关键技术、拥有自主品牌、开展高层次分工的国际化企业。自主创新能力要明显提升，具有自主知识产权的技术、产品和服务的国际市场份额大幅提高，提高塑木复合材料产业国际化发展水平，确保各项任务落实到位。

5.2 产业预期发展目标及增长速度

我国的塑木复合材料产业是一个战略性新兴产业，也是年轻充满朝气的产业。“十三五”规划指出，未来一段时期，我国将致力于环境保护和清洁能源的使用，实现经济温和增长，继续经济再平衡，由重工业向服务业转变。十八届五中全会后公布的公告中也提到，我国将推进“绿色发展”“可持续发展”“文明发展”，构建“环境友好型社会”。政府将推动低碳能源系统，包括启动全国碳排放交易体系，以促进环境保护。我国正在从高耗能、高污染的经济模式向清洁绿色的经济模式转变，这对环境保护和全球能源市场都有重大意义。绿色发展是永恒话题，环境质量受大众关注，绿色是生态文明时代的概念，为推进美丽中国建设奠定基础，在大的政策环境下我国塑木复合材料产业的发展具有

极为广阔的前景。

我国塑木复合材料行业历经了 20 多年的发展，塑木复合材料以节材、环保、可循环利用等多种优点，成为一类极具发展前途的材料，我国大力发展塑木复合材料，既符合国家经济形势发展的需要，也符合国家的产业政策和节能环保、低碳经济的要求。中国在面临经济增速放缓的压力下仍能重申对绿色经济的承诺，然而塑木复合材料产业的发展并没有想象中那样完美，存在着成熟产品种类单一、制品性能有待进一步提高、原材料种类受到限制、大量的非木质生物资源利用率低、布局不够合理等问题。在“十三五”期间，要解决所存在的问题，要在保证产能产量增长的同时，开拓新的市场，开发出世界领先的新产品；在共挤、注射、压制和热压等成型技术上有所创新，实现产品多样化、系列化；进一步推动产、学、研结合，建立科技创新机制。在国家快速发展的环境下，在业内各方的努力下，我国塑木复合材料工业必将快速进步和发展，要从塑木复合材料产业的世界大国跨入世界强国的行列。具体发展方向和目标如下：

到 2017 年，塑木复合材料产业发展明显加快，自主创新能力明显增强，重大科技成果集成、转化能力大幅提高，数字化制造水平逐步提升，一批关键技术和产品制造达到国际先进水平；规模以上工业企业研发投入占主营业务收入的比重达到 1.8% 以上；发明专利授权量达到 100 件。骨干企业引领作用凸显，制造业骨干企业加快做大做强；中小微型工业企业发展活力进一步增强；建成若干个塑木复合材料产业基地。质量效益显著提升，主要产品质量标准达到国际先进水平；单位工业增加值能耗达到国内领先水平。

到 2020 年，塑木复合材料产业规模跃上新台阶，自主创新体系基本形成，建成一批具有国际先进水平的塑木复合材料制造协同创新平台，发明专利质量、数量和技术标准水平明显提升；关键装备取得突破；规模以上大中型工业企业设立研发机构的比例达到 20%，规模以上工业企业研发投入占主营业务收入的比重达到 2% 以上。塑木复合材料产业数字化进度加快、智能化向深度渗透。质量与效益大幅提升，单位工业增加值能耗，即能源消耗总量（吨标准煤）/ 工业增加值（万元），达到国际先进水平。

根据国家循环经济和产业发展政策的导向，在各类投资者的追捧下，具有资源节约和保护环境两大优势的生物质塑木新材料在“十三五”期间必定会有更大的发展。根据目前的产业发展态势和市场容量预测，我国塑木复合材料产业如果能够在技术和质量上有所突破，保守地估计“十三五”期间，塑木复合材料总产

量有望超过 460 万 t、产值达到 400 亿元左右、年均增长速度为 25%、整个产业链的产值将超过 500 亿元。

5.3 推进“互联网 + 塑木产业”

5.3.1 关于“互联网 +”

2014 年 11 月，国务院总理李克强出席首届世界互联网大会时指出：互联网是大众创业、万众创新的新工具，被称作中国经济提质增效升级的“新引擎”。2015 年 7 月 1 日，国务院正式颁布了《关于积极推进“互联网 +”行动的指导意见》见（下称《指导意见》，见附录 A 的摘录），这无疑是“互联网 +”的顶层设计。《指导意见》指出：“互联网 +”是把互联网的创新成果与经济社会各领域深度融合，推动技术进步、效率提升和组织变革，提升实体经济创新力和生产力，形成更广泛的以互联网为基础设施和创新要素的经济社会发展新形态。在全球新一轮科技革命和产业变革中，互联网与各领域的融合发展具有广阔前景和无限潜力，已成为不可阻挡的时代潮流，正对各国经济社会发展产生着战略性和全局性的影响。积极发挥我国互联网已经形成的比较优势，把握机遇，增强信心，加快推进“互联网 +”发展，有利于重塑创新体系、激发创新活力、培育新兴业态和创新公共服务模式，对打造大众创业、万众创新和增加公共产品、公共服务“双引擎”，主动适应和引领经济发展新常态，形成经济发展新动能，实现中国经济提质增效升级具有重要意义。我们要充分利用互联网基础条件，完善中、小、微型企业公共服务平台网络，集聚创业创新资源，为中、小、微型企业提供找得着、用得起、有保障的服务。

当前，“工业 4.0”的概念引起了全球的关注，掀起了新一轮工业革命的浪潮，我国提出了《中国制造 2025》的宏伟规划，科技创新正加速推进，并深度融合、广泛渗透到人类社会的各个方面，成为重塑世界格局、创造人类未来的主导力量。以互联网为基础的“数字化工厂”“智能化工厂”已经开始迅猛发展。

“互联网 +”时代已经来临，塑木复合材料产业全面触网是发展的必然趋势。“互联网 +”可以理解为“互联网 + 各个传统行业”，但这并不是简单的两者相加，而是利用信息通信技术以及互联网平台，让互联网与传统行业进行深度融合，创造新的发展生态。这相当于给传统行业加上一双“互联网”的翅膀，加速传统行业的转型升级发展。对于塑木复合材料产业来说，如何抓住这个发展机遇，跟上时代的步伐，加速产业的发展，是行业发展的必然趋势。根据目前互联网

技术发展的水平和我国塑木复合材料产业的特点，实施“互联网 +”可从利用互联网建立塑木复合材料产业公共服务平台和研发创新平台着手，进一步向物联网方向发展。

5.3.2 通过互联网建立塑木产业公共服务平台

我国塑木复合材料产业的企业特点是大部分属于中、小、微型企业，他们迫切需要提供技术、信息、咨询、培训和产业链沟通等服务。2010 年 4 月，工信部会同国家发改委等七部委联合印发了《关于促进中小企业公共服务平台建设的指导意见》（见附录 B），以解决中小企业面临的专业人才缺乏、资金投入不足、消化吸收新技术、新工艺能力较弱等共性问题。为创业者提供良好的创业环境和加速塑木复合材料产业的发展。通过利用互联网建立塑木复合材料产业公共服务平台，可以为塑木企业提供快捷、高效、低成本的服务。

1. 指导思想

利用互联网，通过统筹规划、集聚资源、营造环境、加强服务，建立和完善满足塑木复合材料产业中、小、微型企业发展需求的支撑体系和良好的外部环境，促进企业提升创新能力和核心竞争力，实现塑木复合材料产业健康、高速发展。

在塑木复合材料产业的中、小、微型企业集聚的区域建立一批服务平台，满足企业发展需求；重点培育一批运作规范、支撑力强、业绩突出、信誉良好、公信度高的示范平台。完善政策措施，培育服务品牌，功能趋于完善，服务质量及企业满意度稳步提升，对中、小、微型企业持续健康发展的支撑作用明显增强。

2. 塑木产业公共服务平台的建设原则

塑木复合材料产业公共服务平台建设应按照“政府引导、市场化运作，面向产业、服务企业，资源共享、注重实效”的原则，坚持政府引导与社会广泛参与相结合，坚持非营利服务与市场化服务相结合，坚持促进产业升级与服务中、小、微型企业发展相结合，坚持社会服务资源开放共享与统筹规划、重点推动相结合。

3. 塑木产业公共服务平台的框架及主要功能

（1）平台框架　塑木复合材料产业公共服务平台框架，如图 5-1 所示。

图 5-1　塑木公共服务平台框架

（2）塑木产业平台的主要功能介绍

1）信息查询。为企业提供塑木复合材料产业相关的法律法规、政策、技术、产品、标准、专利、人才和市场等各类信息服务。

2）技术创新。开展塑木复合材料工厂设计、技术咨询、知识产权战略实施、节能降耗、清洁生产和污染防治技术应用等服务。帮助企业研发新产品、新技术、新工艺，增强创新能力，形成具有自主知识产权的技术和产品。推动产、学、研联合，促进技术成果转化、适用技术推广和创新资源共享。

3）质量管理。提供塑木复合材料产品质量检验检测、原材料性能测试、推广先进质量管理方法和产品标准。指导企业建立质量管理体系，培养质量管理人员，提供仪器、设备共享服务。帮助企业申请相关体系和产品认证，参与质量评奖活动。

4）管理咨询。提供塑木复合材料产业发展战略、财务管理、人力资源、市场营销等咨询或诊断，帮助企业学习、掌握现代企业管理知识和技能，提高科学决策和经营管理能力。指导企业加强现场管理，提高清洁生产水平。

5）创业辅导。为拟创业人员提供创业信息、商务计划书编制、创业培训，以及工商登记等政务代理和相关行政许可申报服务；为企业提供管理咨询、项目诊断、市场营销、财务管理、筹资融资、财税申报、法律援助、环保消防申报与环境监控等辅导服务。

6）市场开拓及电子商务。组织开展各类展览展销、贸易洽谈、产品推介、国内外经济技术交流与合作活动。帮助企业建立塑木复合材料产品的营销网络；应用电子商务，提高产品市场占有率；帮助新入行的企业掌握产品定位、品牌宣传、市场开拓等知识和操作。

7）产业链沟通。在服务平台上，塑木复合材料产业的上游企业可以向塑木复合材料生产企业提供原料、助剂、设备、模具等产品介绍和销售产品，下游产业和用户可以在平台上了解塑木复合材料和产品生产企业的情况，进行选购所需的产品。

8）培训服务。为企业经营者、专业技术人员和员工提供各类培训，提高企业人员的整体素质。邀请金融顾问、管理咨询、上市辅导、行业产学研、成功创业、注册报批和技术培训等各行业专家、教授、学者到塑木复合材料平台举行讲座或指导。

9）专业设计与施工。提供或推介塑木复合材料产品、工程、厂房等的设计或施工服务。

10）人力资源。塑木复合材料产业是个新兴产业，专业人员极为缺乏，包括产品和工程设计、营销、技术等人才，充分利用平台提供信息沟通、专业培训、招聘推介等服务。

总之，塑木复合材料公共服务平台要在解决中、小、微型塑木企业共性需求，在畅通信息渠道、改善经营管理、提高发展质量、增强市场竞争力和实现创新发展等方面发挥重要支撑作用。加快服务平台建设，是落实国务院促进中、小、微型企业发展政策和国家重点产业调整振兴规划的重要举措，对改善塑木复合材料产业中、小、微型企业发展环境，促进社会资源优化配置和专业化分工协作，推动共性关键技术的转移与应用，逐步形成社会化、市场化、专业化的公共服务体系和长效机制具有重要现实意义。

南京聚盈科技发展有限公司创建的塑木复合材料公共服务平台，由南京市经信委批准，已正式运行。2015 年 7 月还开通了微信版塑木复合材料公共服务平台（微信号：wpc-net）取得了良好的效果。开创了“物联网 + 塑木复合材料产业”在创建公共服务平台上的先例。

5.3.3 建设塑木复合材料研发创新平台

我国塑木复合材料的产量在世界上名列前茅，又是出口量最大的国家，国内的应用也日益广泛。但在产品品种、质量、生产工艺和技术等方面，与国外先进国家相比还有不小的差距，迫切需要通过研发新产品、新工艺、新设备来赶上和超过国外先进水平。而我国塑木复合材料产业大部分都是中、小、微型企业，基本上不具备研发创新的能力。由于塑木复合材料是高新技术产品，需要有高级的研究人才和设备，个别的大型企业也难以完全满足需要，因此成了产业快速发展的瓶颈。可是另一方面，国内的高等院校和研究部门，他们具备很好的研发条件，而且对这种环保型新材料的研发也颇有兴趣，据不完全统计，在国内开展塑木复合材料研发的高等院校和研究院就有 43 家，他们也已经取得不少成果，包括企业参与的已授权的发明专利有 700 多项，实用新型专利上千项。各种论文更是难以统计。而问题的症结在于科研成果的转化率不高，不能满足产业发展的需求。对于我国塑木复合材料产业来说，迫切需要解决市场需求、研发创新与企业生产三者有机结合的问题，实现信息沟通、相互合作、资源共享、共同攻关。现在高速发展的互联网，提供了一个快捷高效的工具，即利用互联网建设塑木复合材料的研发创新平台，具体构想如下：

1. 建设塑木研发创新平台的目的、机构和实施方法

（1）建立塑木复合材料研发创新平台的目的是把地域上分散的、具有不同特点的研发力量，通过协议形式整合成力量强大、水平较高的网络研发组织。它不改变参加成员的隶属关系和内部组织形式。

（2）塑木复合材料研发创新平台的最主要特点是资源共享，包括信息资源、知识资源、设备资源和人力资源等。这种资源共享是在所有权不变的前提下实施，在合作期间可以迅速将各成员已经有的、可利用的资源集成于新产品中，这样可以避免重复研究开发，造成人力和财力的浪费，从而提高资源和资金的利用率。

（3）塑木复合材料研发创新平台是由信息、技术、人才等资源有效集成的网络组织机构，它既是一个精密组织，又是一个服务能力可以迅速扩大的动态联盟。是为完成一个项目，根据相互的信任和对研究目标的共识、通过资源共享实

现优化组合，以产生高水平研究成果和将成果转化为生产力为目标的联盟。

（4）根据塑木复合材料产品的工艺过程单一的特点，塑木复合材料的研发创新平台的职能范围应包括从配方设计一直到成果转化的全过程，直接达到产业化程度，有利于加快我国塑木复合材料产业化进程。

（5）塑木复合材料研发创新平台的组建可由行业协会发起，也可由一个或几个单位共同发起，进行必要的筹划和协商，签订协议书，明确所建组织的网上域名、宗旨、目标、机构设置及分工、各自所提供的资源明细、成员的权利和义务、利益分配的原则和方法等。协议书需由企业法人代表参加协商和签订；应体现目标一致、利益驱动、自由组合、平等协商的合作理念。

（6）塑木复合材料研发创新平台以达到以低成本、高质量、快速向顾客输送新产品和服务的目标。作为一个组织，通常只保留协调、控制和资源管理三项活动，使组织具有简洁高效的特性。

2. 研发创新平台的特点和优势

塑木复合材料研发创新平台与传统的合作研发形式相比，具有以下特点和优势：

（1）塑木复合材料研发创新平台是基于先进的信息网络技术，因此比传统的合作形式工作效率高、费用省、合作面广，并不受地域条件的限制。

（2）塑木复合材料研发创新平台是在明确的共同目标下组建的相对稳定的柔性研发组织，根据创新或市场需求确定的不同课题，可以迅速组织不同的技术、人力、设备资源进行开发，而传统的合作形式往往是针对一个具体的课题进行研发，完成后课题组即行解散。

（3）从管理的角度分析，塑木复合材料研发创新平台是网络式平行组织，比传统的合作模式减少了管理层次，缩短了信息通路，加快了决策速度，可大大提高研发效率。

（4）塑木复合材料研发创新平台中，可充分发挥各自的优势，如企业的市场化优势、科技成果转化优势、资金优势和科研单位的人才优势、知识优势、科研设备优势，实现优势互补，从而形成研发项目的“规模经济”效益。

（5） 建立塑木复合材料研发创新平台进行联合开放，并不排斥竞争，只不过是组织内同行业的成员之间，由合作前的纯粹竞争关系变成一种既合作又竞争的关系。一方面，合作解决了重复研究或重复投资的浪费，加快研发的速度，从而改善企业的市场竞争和技术竞争的能力；另一方面合作项目之外的活动，企业

之间还是处于竞争的关系。

3. 建立塑木复合材料塑木研发创新平台的可行性

（1）国民经济和高新技术的迅速发展，对塑木复合材料的性能要求不断提高，品种和产量的需求也不断扩大，因此快速的研究与开发已成为企业发展的重要条件之一，也是企业增强竞争力的重要手段。随着高科技的迅猛发展，使单独的企业和科研机构都难以有效地完成研究与开发任务。在激烈的市场竞争中，促进了竞争和合作意识的增强及组织形式创新的需求。

（2）随着互联网的迅速发展，各种信息交流已经成为一件很容易的事情，通过计算机实现“面对面”的讨论已经成为现实。所需要的信息处理技术已经不成为问题，这为建立塑木复合材料研发创新平台提供了必要的技术基础。尤其目前可采用移动互联网、云计算、大数据和物联网等信息通信技术，使平台的运作环境更加优化。

（3）国家对研究开发高科技产品及促进产业化已制订了一系列鼓励政策，这为建立塑木复合材料研发创新平台提供了良好的政策环境。

（4）建立塑木复合材料研发创新平台的手续十分简便，只需要合作各方在自愿的原则下，经过认真讨论和协商，制订必要的章程或规则后签订一份符合法律程序的协议书或合同即可运行，这为新的组织形式的推广创造了方便的条件。

（5）最近几年国内有的地区、行业、产品等都建立起类似的研发创新平台、科技创新平台，因此有现成的经验可借鉴。

4. 创建塑木复合材料研发创新平台的作用和意义

建立塑木复合材料研发创新平台实现信息共享、风险共担，有利于跨地区、跨行业引入外部资源，有利于把握机会，用最短的时间把新产品推向市场。建立塑木复合材料研发创新平台对发展我国塑木复合材料事业具有重要意义：

（1）我国塑木复合材料行业的突出问题是研发成果的产业化程度低，造成这种状况的原因之一是科研与生产脱节，而建立塑木复合材料研发创新平台有利于加速实现产业化，因此是解决塑木复合材料事业发展瓶颈问题的有效手段之一。

（2）塑木复合材料研发创新平台内成员的合作过程，也是技术、经验和知识的交流过程，而且交流的范围比一般情况下的交流更为宽广，因此组建塑木复合材料研发创新平台能促进技术的扩散和人才的培养。

（3）通过塑木复合材料研发创新平台的资源共享和优势互补，可充分发挥分散潜在资源的利用，使其转化为现实的新产品，从而提高我国塑木复合材料行

业的整体水平。

（4）由于塑木复合材料研发创新平台是一种动态联盟，可以在短时期内为开发某一产品组成合作研发组织，通过信息网络开展异地合作，迅速将共同开发的新产品推向市场，实现产品对市场的快速反应。

（5）对塑木复合材料研发创新平台的成员单位来说，资源可共享，在合作期间可以迅速将已经有的可利用资源服务于新产品开发，从而提高了资源的利用率。建立塑木复合材料研发创新平台对塑木复合材料产业来说可能是件新生事物，“万事开头难”，只要坚持市场导向和需求牵引的原则，结合“十三五”科技专项规划的编制，鼓励和推动高校、科研院所与企业形成利益共同体，充分发挥研发创新平台在行业里重要载体和核心作用。必然能促进我国塑木复合材料产业快速健康发展。

5.3.4 “互联网 + 塑木产业链”的建立、发展

在巨大塑木复合材料生产的增长量和市场应用及扩大的刺激下，发展起来的塑木复合材料产业链依靠传统的营销模式已不能适应，这又必然使“互联网 + 塑木产业链”迅速得到用武之地。

市场应用—塑木复合材料新产品设计—塑木复合材料新产品开发—原料、助剂企业发展—模具、设备企业扩大—新检测方式、新标准制订—塑木复合材料生产企业发展（管理智能化）—互联网应用，整个塑木复合材料产业链在新的形势下将会得到新的同步发展。

值得注意的是，我国的塑木复合材料新产品的研发工作大都是由塑木复合材料生产企业自行单独承担的，往往因其力不从心，不得不与相关的模具、设备企业、研发单位和学院合作。但在合作开发的同时，其成果已经扩散，这就造成新产品还未占领市场，研发成果已经被仿制、伪制、劣制。利润空间被迅速压缩，而具有开发初期必然存在一定缺陷的新产品得不到正常反馈，无法进行二次改良，甚至造成夭折。

“互联网 + 塑木复合材料”新产品设计、研发，为防止新产品关键技术的扩散提供了技术保证，同时，行业协会也应制定相应的企业自律制度并监督执行。

5.3.5 充分利用物联网等信息技术的有利条件，促进塑木产业的发展

前述建立互联网平台的实施是基于目前互联网发展的水平，可视为一种公有

物联网的初级阶段。产业物联网重塑塑木产业的进程才刚刚开始。在互联网时代，企业不再是简单地听取用户需求、搞好售后服务等，更重要的是与客户随时互动，并让客户参与到需求收集、产品设计研发、生产制造及营销服务等环节。随着互联网的应用扩展和技术进步，物联网正逐渐展现在我们眼前。它通过各种信息传感设备，实时采集任何需要监控、连接、互动的物体和过程采集各种所需要的信息，与互联网结合，形成一个巨大的网络。以实现物与物、物与人、所有物品与互联网的连接，以实现远程监视、自动报警、控制诊断和维护，进而实现“管理、控制、营运”一体化的网络。随着移动互联网、云计算、大数据和物联网等信息技术的进步与应用，逐步改变着传统发展模式及观念，在“十三五”将有力推动塑木产业的发展。

5.4 塑木产业发展过程中的合理布局

产业布局是指产业在一个国家或一个地区范围内的空间分布和组合的经济现象。产业布局在静态上看是指形成产业的各部门、各要素、各链环在空间上的分布态势和地域上的组合。在动态上，产业布局则表现为各种资源、各生产要素甚至各产业和各企业为选择最佳区位而形成的在空间地域上的流动、转移或重新组合的配置与再配置过程。其合理与否必然会影响到该国家或地区经济优势的发挥经济的发展速度。

5.4.1 目前我国塑木产业的布局概况

我国塑木复合材料产业是从 21 世纪初引进国外几个公司带着技术来华投资在国内建立起一批规模不大的中外合资企业，同时国内以自主开发的技术建起了一部分规模很小的民营企业发展起来的。

由于塑木复合材料产品具有有利于环境保护、资源综合利用和符合发展循环经济的特点，这对塑木复合材料制品的发展创造了极为良好的大环境，在国内很快引起政府和有关部门的重视。面对托盘市场如雨后春笋般自发地成立起一批民营企业，逐步形成了塑木复合材料产业的雏形。此后，根据塑木复合材料产品市场情况的变化，纷纷凭借塑木复合材料的特点转向室外园林景观、家具等以塑代木的市场，并再次得到高速发展，塑木复合材料产业的规模迅速扩大，成为世界塑木复合材料的生产大国。在没有政府部门统一规划的情况下，形成了现在塑木复合材料生产企业（不含产业链配套企业）的分布格局：以长三角和珠三角为主要分布区域，约占 70%，其他地区山东省、安徽省、大连市等地区占 30%。

目前，我国塑木复合材料产业有关的企业分布情况基本如下：

（1）国内塑木复合材料生产企业的地域分布是东部远远超过中西部，尤其以珠三角、长三角和山东地区的塑木复合材料生产企业最为集中，这主要是受投资环境、产业链配套、市场需求等因素的影响。

（2）生产塑木复合材料成型模具的企业，大部分是由原来生产塑料挤出模的企业，根据塑木复合材料的特点进行研发和制造的，相对集中在湖北黄石一带，并成立了地区行业协会。

（3）生产塑木复合材料加工设备的企业，大部分是由原来塑料挤出机及辅机的企业，根据塑木复合材料的特点进行研发和制造的，主要在华东地区，其中江苏南京、张家港、无锡和苏州；浙江舟山、上海等城市尤为集中；山东省近几年发展也很快。

（4）塑木复合材料助剂几乎全部是由塑料助剂的生产企业提供，因此分布较散，没有明显集中的倾向。还有一部分助剂是国外生产，在国内设立销售公司或代理商。塑木复合材料助剂的使用量较小，对塑木企业布局的影响不大。

（5）木粉（木质纤维素）生产企业一般规模较小，分散于各地，但生产工艺较落后，生产效率较低，而且质量不够稳定。近年来，随着塑木复合材料产量扩大和质量要求的提高，木材资源丰富的安徽、江西等地原来一些生产木粉的企业，从国外引进了全自动生产线，使木粉产量大幅度提高，并且使木粉质量稳定性提高，有利于塑木复合材料产业的发展。

5.4.2 促进我国塑木产业发展的合理布局问题的探讨

1. 产业布局必须与产业发展规划相联系

产业布局是多种因素综合影响的产物。对产业布局的区位选择提出了三个标准：成本最低、市场份额最大和聚集效益。现代产业布局既是一个市场均衡问题，又是一个区域均衡问题，实质上是成本均衡问题。因此距离以及由距离所造成的运输费用，始终是布局问题的关注与关键所在。合理优化的产业布局不仅限于满足静态和近期的发展需求，而且要面向中远期，要以动态的思想指导产业布局，要为塑木复合材料产业的发展留出一定的空间。

对塑木复合材料生产企业来说，主要需要考虑原材料供应和产品销售的运输距离所产生的费用。由于 WPC 生产所用的原材料 90% 以上来自回收塑料和农业木质纤维的废弃物，如木屑、稻壳、麦秸秆和椰壳等，这些资源都可就地取材，运输成本很低。一般情况下，原材料中的助剂可能要从外地运入，但其

用量通常不到 10%，塑木复合材料产品生产的原材料运费对产业布局的影响不是主要的因素。

塑木复合材料产品的销售一般首先考虑附近地区的需求，运输费用不会太高，而在目前产业发展的初期，有许多地区还没有开始发展塑木复合材料产业，就需要从外地运输来满足需求时，或者某地区出现供大于求情况时，产品考虑销售到较远的地区或出口到国外，这时运输费用就成为一个较重要的因素。因此，对于塑木复合材料产业的合理布局，必须与产业发展规划相联系。

2. 塑木复合材料产业的优化和合理布局，劳动力的成本不可忽视

塑木复合材料产业虽然是高新技术产业，但由于设备的先进性和自动化程度与发达国家相比尚有较大差距，同样生产 1t 制品，劳动力的投入要多 1 倍以上，另一方面，国内劳动力的使用成本也在不断提高，因此劳动力的成本在产业布局过程中是一个不可忽视的因素。

3. 确定地区分工要与地区比较优势紧密结合

地区比较优势是国家制定区域经济发展和产业布局政策，促进社会经济资源空间配置合理化的前提，也是各地区制订正确的发展战略和产业政策，实现地区经济健康发展的条件。总结我国地区分工的经验与教训，“扬长避短、发挥优势”仍将是指导我国地区分工基本原则。

在发达地区经济发展政策上，以技术进步和产业结构转换为导向，以大规模参与国际市场竞争为目标，使之成为我国现代化的先导。这种产业结构的转换必然进一步促进我国经济振兴过程中地域分工的不断深化和完善。

在欠发达地区经济发展政策上，要充分利用当地的原材料资源，通过发达地区的产品和技术转移，促进其合理发展。根据目前塑木复合材料产业布局情况，重点应该是开发中西部地区。

4. 确定地区分工，适应经济国际化的要求

我国目前塑木复合材料产业，规模化的企业产品基本上 60% 以上的产品出口到国外，并将会进一步走向国际化，一些地区将会凭借独特的区位优势而扩大对外经贸往来，并取得较快的发展。地区分工适应经济国际化的要求，主要体现在对外开放的时序安排和重点地区选择上。

5. 充分发挥市场对资源配置基础性作用

我国产业布局政策的基本原则，是坚持以效率为中心，这与以往我国产业布局政策的区别主要在于它是以市场机制为基础，以经济效益的高低为依据，来决

定政府所重点扶持的产业在具体地区的分布规模。塑木复合材料产业也是政府重点扶持的产业。也就是说，主要以通过市场竞争所反映的各地区具体产业效率的高低，作为今后政府引导和扶持有关产业布局的依据。只有这样，才能够真正优化资源配置，才能有助于我国经济总体实力和产业国际竞争力的提高。

6. 巩固和适度发展塑木复合材料产业在东部沿海地区发展优势

在我国，塑木复合材料产业产品出口量约占总产量的 50% 以上，因此将规模较大、出口占比高的企业，根据产业发展规划，充分利用东部沿海地区的区域优势，鼓励塑木复合材料企业有计划地到对外开放的前沿地带发展，以提高企业的经济效益和产业效率。

7. 塑木复合材料产业抓住“一带一路”战略实施的机遇对中西部地区进行合理布局

2013 年 9 月、10 月，习近平总书记分别在出访中亚、东南亚时，提出共建“一带一路”宏伟的战略构想，它的建设过程不仅涉及众多国家和地区，而且还涉及众多产业和巨量的要素调动。 2015 年 3 月，为推进实施“一带一路”，让古丝绸之路焕发新的生机活力，以新的形式使亚欧非各国家和地区联系更加紧密，互利合作迈向新的历史高度，中国政府特制定并发布《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》。这为塑木复合材料产业发展提供了极为良好的机遇。

丝绸之路经济带圈定为新疆、陕西、甘肃、宁夏、青海、内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、广西、云南、西藏、重庆共 13 省、自治区、直辖市。这些省、自治区、直辖市正是我国塑木复合材料产业的空白区，在这些地区必然是发展塑木复合材料产业的重点地区。不仅可以促进生态环境保护、实现资源综合利用、满足当地大规模建设时对塑木产品的需求和提高工业生产总值。还可通过“五通”：政策沟通、道路联通、贸易畅通、货币流通和民心相通，将我国的东部沿海地区优质的塑木复合材料产品和过剩产能输送出去，让沿“带”沿“路”的发展中国家和地区共享中国发展的成果。也可为塑木复合材料产业积极吸纳国外和沿海地区的资金和技术，提高在国际市场的竞争力提供良好的条件。

因此“一带一路”的发展战略实施，将强有力地推动中西部塑木复合材料产业的发展，优化我国塑木复合材料产业的合理布局。

在优化或调整布局的过程中，必须坚持因地制宜、效率优先、协调发展和可持续发展的原则。优化塑木复合材料产业链分工布局，推动上下游产业链和关联

产业协同发展，鼓励建立研发、生产和营销体系，提升区域产业配套能力和综合竞争力。

5.4.3 我国塑木产业优化和合理布局的地区特点及职能分工

1. 中西部地区

（1）坚持因地制宜、就地取材的原则，开发新的特色产品。我国中西部地区木质纤维素的资源极为丰富，而且各地的品种也各不相同，例如有的地区香樟木产量大，则可利用香樟木的锯末或废材开发有樟木香味的塑木复合材料；海上丝绸之路上的海南省，盛产椰子，则可利用废弃的椰壳等就地开发自然色彩的塑木复合材料等。

（2）立足发展本地市场，积极开发国际市场。

（3）从东部地区引进设备与技术，加强与东部地区合作提高生产技术水平。

（4）利用丝绸之路经济带国际交往的有利条件，积极引进国外投资和将生产出来的塑木复合材料产品销到沿带国家。

2. 东部地区

（1）促进我国塑木复合材料产业朝国际化方向发展。一方面，积极扩大国际市场，出口塑木复合材料产品和塑木复合材料生产设备、模具等；另一方面，引进国外先进技术和投资。

（2）加强塑木产品与生产工艺的研发和创新，不断更新换代，提高整个塑木复合材料产业链生产力和技术水平。

（3）帮助与支持中西部地区发展塑木复合材料产业。

（4）将东部地区过剩的产能转移至中西部地区和丝绸之路经济带的国家。

总之，优化产业结构和布局是区域经济发展的核心。它能建立适应地方发展条件的产业体系，促进产业的可持续发展能力的形成，又能保护生态环境，还能促进产业集聚及规模效应的形成，从而促进塑木复合材料产业快速、健康、稳步地发展。

5.5 积极开发新产品，促进塑木产品多样化、功能化

由于我国塑木复合材料工业是从技术含量较低的塑木产品起步，受此影响目前绝大部分都是采用塑料挤出工艺生产塑木复合材料型材，形成了塑木产品的严重同质化，这已影响到塑木复合材料产业健康顺利的发展，因此必须认真应对。

对于企业来说，解决产品同质化问题的关键之一是要侧重市场营销手段的创

新，改变以销量和市场占有率作为企业主要衡量标准的现状。要以满足或者引导客户的需求而进行创新，帮助客户在生产上、销售上和整体盈利模式上获得利益，建立和维持企业与客户之间的良好关系。

更为重要的是必须加大塑木复合材料产品的研发力度，提高企业的核心竞争力，积极开发新产品，促进产品多样化，紧跟市场潮流，拓展塑木复合材料制品的应用领域。为此提出如下几点开发思路。

5.5.1 以开发多种塑料成型技术促进制品多样化

塑木复合材料本质上是一种用生物质纤维素为改性剂的改性塑料，因此可以用多种塑料成型工艺生产多类型的塑木制品，现在有的企业已经开始这方面的努力。

1. 采用塑料注射成型方式

塑木复合材料注射件在我国虽早已出现，但缺乏深度研发，因此目前产品产量少、技术尚不成熟、应用领域局限。而在欧洲塑木复合材料注射件发展迅速，功能性的塑木复合材料注射件现已应用到汽车零件、日常生活用品等领域（参见本书第 2 章）。

2. 采用塑木复合材料片材进行热压成型

先用塑木复合材料制成片材，然后通过加热压制成各种薄壁制件，用作汽车内饰件等，这项技术在德国、意大利、美国等地早已成熟。

3. 采用压制成型

采用塑木复合材料可以压制成多种形状较简单的厚壁制件，如窨井盖之类。这种压制成型方式，还可预埋加强件，以增强制品强度，满足使用要求。这种成型方法的优点是投资少、操作简单、制造成本低，缺点是生产效率低。

4. 采用 3D 打印

采用 3D 打印技术制成塑木复合材料制品，在国内已经开始，塑木复合材料 3D 打印耗材在国内已有市售，但总体还处于萌芽阶段。随着 3D 打印技术的发展，塑木复合材料也将占一席之地。

其他，如采用塑木复合材料进行滚塑成型，在国外有报道已开发成功。因此成型工艺差异化为我国塑木复合材料工业创造了极大的多元发展空间。通过成型工艺差异化的努力，解决塑木复合材料制品同质化的弊端，已经成为“十三五”期间一个非常重要的任务。

5.5.2 加快发展塑木共挤产品的发展

我国塑木复合材料共挤技术从2010年开始进入初步发展阶段，共挤产品可以弥补制约塑木复合材料应用领域拓展的缺陷。塑木复合材料从发展之初的托盘、包装箱、汽车内饰件等制品，经过户外铺板、栅栏、桌椅等的开发应用，目前已开始向市场更加广阔的建筑结构领域渗透，努力达到房屋结构件等制品的力学性能要求和外在装饰效果，包括门窗制品、装饰板、家具板材和房屋基础件等。相应地，对材料性能也提出了更高要求，如对园林类户外制品，要做到抗老化、防脱色、使用寿命长；对室内门窗及装饰材料要有良好的阻燃性能；对房屋基础件承载类制品要有很高的力学性能，需要进行增强、抗蠕变改性。随着节能要求的提高，建筑业也对塑木复合材料制品的节能效果提出了更高要求。因此，塑木复合材料正朝着多样化、功能化和高附加值的方向发展，以适应广阔的应用领域，阻燃型、增强型、抗老化型、抗蠕变型、保温隔热型和储能调温型等也将成为技术创新的亮点。现在已经起步的新一代挤出制品——塑木共挤产品，也将在“十三五”得到迅速发展。“十三五”期间塑木复合材料制品多样化和功能化方面必须迈出坚实的一大步，促进我国塑木复合材料产业健康快速发展。

5.6 塑木复合材料产业链同步发展

随着塑木复合材料产量的增加、品种的增多，塑木复合材料生产企业的数量和规模也不断增加和扩大。与之对应的相关企业相应增加和扩大规模，与之相关的设计、研发、检验单位和部门也越来越多，同时，由于互联网的发展和智能销售系统的出现，将会与塑木复合材料产业链同步发展，逐步形成一条更加完善的新型产业链。

5.6.1 塑木原材料

1. 塑料原料

（1）原材料的多样化选择　随着新产品的开发，制备塑木复合材料的塑料原材料构成也需要加以调整，目前我国主要是以PE和PVC为主，其次是PP，其他品种应用极少。与国外相比仍有一定差距。利用不同材料的塑料基材可以获得不同性能的制品，满足市场的需求，从而可扩大产品的应用领域。开发新材料一直是推动塑木复合材料发展的一项主要的任务。

（2）回收塑料实现清洗分拣机械化　我国目前塑料原料大部分采用各种塑料混杂的废旧回收塑料，在这方面存在的最大问题是分拣技术的落后，影响到产

品质量的稳定，因此应全面实现分拣技术机械化，提高塑料原料的质量，为此积极研发或引进塑料清洗分拣设备成为“十三五”期间的重要任务之一。

2. 生物质材料

对于生物质材料目前我国应用最多的是木粉，其次是稻壳粉、竹粉等，塑木材料中，选择不同品种的生物质材料，所生产出的塑木复合材料性能会有很大区别。应考虑生物质材料的种类、表面自由能、填充量、粒径、形状和含水量等，结合实际情况，因地制宜找出来源丰富、性价比优越的生物质材料，例如椰壳、芦苇和各种麻类等也是开发新产品的一项重要任务。

国内一些厂家限于价格等因素，在生产中对木粉没有经过活化处理，只是加入一些相容剂，这样难以制得高性能的产品。目前市场对塑木复合材料性能要求日益提高，因此必须引起重视，优胜劣汰是客观规律，提高塑木产品质量是“十三五”期间发展的重要目标，要成为世界的塑木复合材料的强国，产品质量是主要指标之一。

5.6.2 化学助剂

塑木复合材料行业进入我国之初，其配方体系基本借用传统塑料改性行业的配方。但随着塑木行业的整体发展，生产企业及相关研发机构对塑木复合材料的深层认识，对其加工助剂及功能助剂提出了更高、更有针对性的要求。在生产企业及高等院校和科研院所的共同努力下，开发了一些塑木复合材料专用的助剂，但是还不能满足生产企业的需求。

如果我国没有系列化、价廉物美、能大批量生产、质量稳定的塑木复合材料生产专用助剂，必然会影响我国的塑木复合材料工业的长期、稳定、迅速的发展。因此“十三五”期间开发并生产塑木复合材料专用助剂也是一项不可忽视的任务。

5.6.3 塑木生产设备

塑木复合材料生产设备主要包括：成型设备及混料机、造粒设备、粉碎机、烘干机、冷却系统、切割机、后加工设备和物料输送机械等辅助设备。成型设备目前是大部分使用根据塑木材料的特点，稍加改进的锥形双螺杆塑料挤出机，单螺杆挤出机已逐步被淘汰；造粒设备也缺乏塑木专用的高效率造粒机。这与发达国家相比尚有很大差距，因此在设备专用化方面还需要做大量开发工作，主要方向是提高生产效率、确保产品质量和节约能耗等。

目前国内成型设备和造粒设备的质量比过去有很大的提高，并采用了程序控制技术，但离数字化工厂的要求还有较大距离，“十三五”期间要以建设数字化

工厂为目标进行技术改造。对于其他辅助设备也需与其同步配套。

5.6.4 塑木成型模具

如前所述，十多年来我国塑木复合材料模具质量和数量都有非常明显的进步，但与国外发达国家相比还存在很大差距。尤其在挤出速度方面相差 3 倍左右，因此必须努力提高设计与制造水平，缩小与进口模具的差距。如果挤出速度提高 1 倍，就相当于节省 1 台成型设备，其经济效益极为明显。另外，还要提高挤出型材稳定的高规整程度和提高模具使用寿命。因此，在“十三五”期间塑木复合材料模具工业的任务是艰巨与繁重的。

5.7 加强塑木产品的标准化和系列化管理

通过运用标准化手段发展塑木复合材料产业，促进技术进步，改善产品质量，提高社会经济效益，维护国家和企业的利益，使塑木复合材料标准化工作更好地适应产业高速发展和发展对外贸易的需要，必须认真贯彻实施《国务院关于印发深化标准化工作改革方案的通知》（国发〔2015〕13 号）（见附录 C）和国家标准委关于印发《推荐性标准集中复审工作方案》的通知（国标委综合〔2016〕28 号）（见附录 D）文件精神，加强塑木复合材料产业标准化的管理工作。对现行塑木复合材料标准开展集中复审，不再适用的予以废止；不同层级间存在矛盾交叉的，根据复审结果进行整合修订；着力解决标准体系不完善、管理体制不顺畅、与塑木复合材料产业发展不适应问题。让标准成为对塑木产品质量的“硬约束”，推动中国塑木复合材料产业迈向中高端水平，促进塑木复合材料产业持续健康发展。

5.7.1 在国标委领导下制定统一的塑木产业标准化体系

在实行标准化管理的过程中，要在贯彻落实国家关于标准化工作的法律、法规、政策、方针的基础上，建立健全以技术标准为主体核心的标准化体系。

塑木复合材料的产业在我国发展只有十多年的历史，由于塑木复合材料是一种新材料，涉及行业又多，如生产工艺、设备、成型方法基本上属塑料行业；目前产品的木质纤维素含量大幅提高，并且应用大部分是替代木材，因此与木材工业有不可分割的关系；产品最终的使用领域目前主要是建材工业等。各个有关部门争相提出塑木复合材料标准化体系的方案，由于角度不同难以统一，至今尚未确定，造成了标准混乱现象，影响了产业的发展。因此确定标准化体系是加强标准化管理工作的首要任务。

5.7.2 明确标准统一的归口单位

塑木复合材料虽然具有与塑料和木材不同的特性，但本质上可以认为是用木质纤维素改性的改性塑料，目前主要应用方向是替代木材，制作铺板、护栏、室外家具、物流托盘等，在欧洲还大量应用于制作汽车内饰件等，涉及众多部门。因此必须由一个专门的塑木复合材料标准化技术委员会，来进行统筹和协调塑木复合材料标准化的管理工作。

5.7.3 根据标准体系清理和理顺已颁布实施的标准

认真按照国务院印发的《贯彻实施〈深化标准化工作改革方案〉行动计划（2015—2016 年）》附录 D 中的第二项要求：“对现行推荐性国家、行业和地方标准开展集中复审，不再适用的予以废止；不同层级间存在矛盾交叉的，根据复审结果进行整合修订；与国际标准存在较大差距、已经滞后于产业和技术发展的，分批次开展修订工作。”

（1） 在已颁布实施的行业标准 LY/T 1613《挤压木塑复合材料》中范围和标题定义都不属于塑木复合材料，因此应停止在塑木复合材料产业中使用。

（2）行业与地方标准根据《中华人民共和国标准化法》第二章的规定：“行业标准由国务院有关行政主管部门制定，并报国务院标准化行政主管部门备案，在公布国家标准之后，该项行业标准即行废止。对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的工业产品的安全、卫生要求，可以制定地方标准。地方标准由省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定，并报国务院标准化行政主管部门和国务院有关行政主管部门备案，在公布国家标准或者行业标准之后，该项地方标准即行废止。”例如在 GB/T 24137—2009《木塑装饰板》的标准的范围中已明确包括墙板，此后又颁布的 QB/T 4492—2013 《建筑装饰用塑木复合墙板》、JC/T 2224—2014《室外装饰用木塑墙板》和 JC/T 2223—2014《室内装饰装修用木塑型材》更需要及时废止。

（3） 对 于 BB/T 0020—2001、GB/T 24137—2009、GB/T 24508—2009 和 GB/T 29419—2012 四项产品标准中的性能测试方法，与 GB/T 29418—2012 中规定的性能测试方法不一致的部分，应按 GB/T 29418—2012 标准进行修订。

5.7.4 加强标准宣贯力度，提高标准实施效果

标准理顺和修订后，在标准化管理部门领导下，制定标准宣贯计划，认真做好标准宣贯工作，加强标准宣贯力度，努力提高标准实施效果，使标准在塑木复合材料产业发展过程中起到应有的重要作用。

5.7.5 逐步实施塑木制品系列化

1. 塑木复合材料制品系列化的目的与意义

塑木复合材料制品系列化的目的，是为了简化产品品种和规格，尽可能满足多方面的需要，实现塑木复合材料制品系列化的重要经济意义：

（1）可以加速新塑木复合材料制品的设计，发展新品种、提高制品质量，同时便于工程设计部门直接选用，减少设计工作量，提高设计效率。

（2）合理简化塑木复合材料制品的品种，扩大通用范围，有利于提高专业化程度。增加生产批量，减少换模次数和材料浪费。

（3）节省塑木复合材料制品挤出模具的设计与制造的时间和费用。

（4）可以进行合理库存，缩短交货时间，从而增强市场竞争力。

2. 塑木复合材料制品系列化与标准化的关系

塑木复合材料制品系列化是塑木标准化的高级形式，是标准化高度发展的产物，是标准化走向成熟的标志；系列化是使某一类产品系统的结构优化、功能最佳的标准化形式。

3. 塑木复合材料制品系列化的实施

目前，我国塑木复合材料制品中铺板是产量最大的制品，也是最为成熟的制品，因此加快实现塑木复合材料铺板系列化，具有极为重要的意义。我国塑木复合材料企业大部分是中、小、微型企业，这类企业的产量与品种有限，进行制品系列化工作会有一定的难度，因此系列化的工作可以从组织具有规模化生产能力的企业做起。对于铺板来说，其主要参数是制品的断面形状和结构尺寸。通过对制品销售量的大小、使用情况和发展规律的分析研究，经过全面的技术经济比较，将制品的断面结构和尺寸做出合理的安排与计划。确定制品的参数系列时，必须根据国家标准的规定，最大限度地采用优先数列。然后根据社会对制品需求进行分档分级，形成一个简明的品种系统表，编制成系列型谱。

编制型谱是一件很复杂、很细致、又需要很慎重的工作，要以大量的调查资料和科学的分析预测为基础，一经确定，轻易不宜改变。

我国塑木复合材料产业在发展初期，没有专业的塑木复合材料标准，而套用各种不同专业的标准。随着产业发展，塑木复合材料产业由于制品符合环境保护和提倡资源综合利用、发展循环经济要求，引起了多方面兴趣及关注，在没有统一规划的情况下，纷纷争抢制定标准，至今已形成了标准交叉、重复、概念混乱、内容各异和宣贯不力等现象，使塑木制业又回到了无标可循的状态，造成质量事

故频发，严重影响到塑木复合材料产业的发展。因此加强塑木复合材料产业标准化管理工作和逐步实现塑木复合材料制品系列化已是塑木复合材料产业发展的当务之急。

5.8 建立我国塑木产品的认证制度

在我国塑木复合材料产业高速发展的情况下，产品应用领域也在不断扩大，但由于塑木复合材料产品的概念好，许多企业投入这一行业，由于缺少技术支撑，或者资金短缺，产品质量难以得到保证，并且参差不齐，造成工程质量事故时有发生，对塑木复合材料这个新兴产业的健康发展造成一定的负面影响，因此必须认真、及时采取措施加以解决，尤其是对应用最广的产品，如铺板、护栏等。在这方面我们可以建立塑木复合材料产品质量认证制度和权威的认证机构。

5.8.1 借鉴北美和欧洲的成熟经验

在本书第 2 章中已经介绍了加拿大、美国、德国（欧洲）等国家和地区对塑木复合材料产品的质量监控方法，其共同的特点就是由专业部门，如加拿大建筑材料中心（CCMC）、美国国际规范协会（ICC）、德国木质板材质量协会等，根据产品使用要求制定具体产品（如应用最广的塑木铺板、护栏等）的技术指南或验收标准，再由权威的检测机构，如 CCMC、ICC-ES（是由美国国家标准学会认可授权的一家产品评估和认证公司）等进行检测和评估后出具报告，如 CCMC、ICC 的评估报告。对达到标准或规范的产品，授予证书和认证标志，这样的产品才能在市场上流通。

根据北美和德国的经验，由权威的认证机构结合塑木产品标准，根据实际使用要求制定相关的产品验收标准或技术指南，然后进行检测评估，根据检测结果颁发评估报告，合格者予以认证标志，具有认证标志的塑木复合材料产品才能在国内市场顺利销售，建立这样的认证制度就能有效控制和管理塑木复合材料产品的质量，这也符合我国有关的法令或管理办法。

5.8.2 关于建立塑木复合材料认证制度的法律依据

早在 2003 年 8 月 20 日国务院公布了《中华人民共和国认证认可条例》（附录 E），自 2003 年 11 月 1 日起施行。条例“总则”中明确指出制定本条例是为了规范认证认可活动，提高产品、服务的质量和管理水平，促进经济和社会的发展。条例所称认证，是指由认证机构证明产品、服务、管理体系符合相关技术规范、相关技术规范的强制性要求或者标准的合格评定活动。

明确由国家质量监督检验检疫总局统一负责认证机构的监督管理工作。国家认证认可监督管理委员会负责认证机构的设立和相关审批及其从业活动的监督管理工作。

2011 年 1 月 13 日国家质量监督检验检疫总局局务会又根据《中华人民共和国认证认可条例》公布了《认证机构管理办法》，自 2011 年 9 月 1 日起施行。根据 2015 年 5 月 11 日国家质量监督检验检疫总局令第 164 号《国家质量监督检验检疫总局关于修改〈认证机构管理办法〉的决定》修订，并于 2015 年 8 月 1 日实施。文中指出制定本办法的目的是“为加强对认证机构的监督管理，规范认证活动，提高认证有效性等有关法律、行政法规的规定”。

5.8.3 建立我国塑木复合材料产品的认证制度

塑木复合材料产品在我国建立认证制度是完全符合国家法律法规的，也是政府所支持的，建议根据《中华人民共和国认证认可条例》和《认证机构管理办法》尽快对应用规范最广的塑木制品，如铺板、护栏等。建立和健全质量监控的认证制度，防止伪劣产品进入市场。加强对新办塑木复合材料企业的资质审查，防止鱼龙混杂和避免无序发展，对产品通过认证、有发展潜力的塑木复合材料企业给予资金和政策方面的支持，促进塑木复合材料产业健康持续发展。

我国塑木复合材料行业大部分上规模的企业的产品大部分都出口到国外，一般进口国都要求按照该国的产品质量验收标准进行认证，只有通过认证合格的产品才能销售。目前有国外的认证机构在中国境内设立认证机构，受理出口产品的质量认证，例如 Intertek 天祥集团是全球领先的质量和安全服务机构，为众多行业提供专业创新的解决方案。从审核、验货到测试、培训、咨询、质量保证及认证，Intertek 帮助客户提升产品、流程和资产的价值。Intertek 天祥集团凭借其在 100 多个国家，有超过 1000 个实验室和办公室、超过 36000 名员工的全球网络，帮助众多公司在全球市场中取得成功。Intertek 可以在全球任何市场帮助客户满足终端用户对产品安全性、持久性、性能、完整性的期望和需求。Intertek 天祥集团涉及的建筑产品，包括屋面系统、幕墙系统、隔断产品、窗和防火门等，塑木复合材料类的检测认证有：塑木复合材料铺板评估认证、欧洲塑木装饰板性能评估认证、塑木欧洲标准评估认证、欧洲标准塑木装饰板耐候性性能评估认证、塑木复合材料护栏系统承载测试和共挤塑木性能测试等，相信这支专业的团队将继续帮助塑木企业将产品成功推向全球市场。

《中华人民共和国认证认可条例》规定：“认证机构应当按照认证基本规范、

认证规则从事认证活动。认证基本规范、认证规则由国务院认证认可监督管理部门制定；涉及国务院有关部门职责的，国务院认证认可监督管理部门应当会同国务院有关部门制定。属于认证新领域，前款规定的部门尚未制定认证规则的，认证机构可以自行制定认证规则，并报国务院认证认可监督管理部门备案。”因此建立认证制度必须先制定认证规范，对于塑木复合材料而言就是要根据产品要求，按规定权限制定塑木复合材料产品验收的技术规范，然后由认证机构根据技术规范进行检测与评估，最后出示认证结论。由此可见，产品认证比按产品标准检测更为严格。建立我国塑木复合材料制品的认证制度是控制和监督产品质量的最有效的措施。

5.9 加强塑木产业行业协会的管理职能，促进产业发展

行业协会是市场经济发展到一定阶段的产物，行业协会正是介于政府、企业之间，商品生产业与经营者之间，开展服务、咨询、沟通、监督、公正、自律、协调的社会中介组织。它是政府与企业的桥梁和纽带，是我国民间组织社会团体的一种，即国际上统称的非政府机构，属非营利性机构。中国塑木复合材料是年轻的战略性新兴产业，行业协会的作用就显得更为重要。

5.9.1 行业协会的职能

1. 协会的服务职能

（1）代表本行业全体企业的共同利益。

（2）作为政府与企业之间的桥梁，向政府传达企业的共同要求，同时协助政府制定和实施行业发展规划、产业政策、行政法规和有关法律。

（3）制定并执行行规行约和各类标准，协调本行业企业之间的经营行为。

（4）监督对本行业产品和服务质量、竞争手段、经营作风进行严格监督，维护行业信誉，鼓励公平竞争，打击违法、违规行为。

（5）受政府委托，可以进行资格审查、签发证照、资格认证，发放产地证、质量检验证等。

（6）对本行业的基本情况进行统计、分析、并发布结果。

（7）开展对行业国内外发展情况的基础调查，研究本行业面临的问题，提出建议、出版刊物，供企业和政府参考。

（8）进行信息服务、教育与培训服务、咨询服务、举办展览和组织会议等。协会定期对本行业的基本情况进行统计、分析，并发布结果。使塑木复合材料企

业对行业概况有所了解，便于调整产品结构。协会要开展对行业国内外发展情况的基础调查，研究本行业面临的问题，提出建议、编辑出版刊物，供企业和政府参考。

2. 协会的桥梁作用

行业协会作为民间中介组织，必须加强与社会各界组织的联系，协调好各方面的关系，为成员企业搭好桥、铺好路。协会的桥梁作用是多方面的，首先，要协调好政府与企业的关系，发挥上联政府职能、下接企业需求的中介作用，政府所制定的行业方面的政策、法规，一般要通过行业协会贯彻到会员企业，而会员企业则要通过行业协会把自己的要求和意见反映到政府部门，并代表企业对一些关乎企业的重大问题与政府部门交涉，维护企业的利益；其次，行业协会还要协调好会员与会员之间的关系、会员与行业非会员之间的关系、会员与其他行业单位的关系、会员与其他社会组织的关系等。总之，行业协会要发挥好桥梁作用，以行业协会的中介地位所产生的亲和力，广泛联系社会，促使本行业得到全面的发展。

3. 协会的协调作用

（1）维护会员利益　全面了解行业详细可靠的情况和数据，预测对本行业、本地区的影响或可能产生的影响及不利的趋势等。这些证据都需要有详实的数据资料。显然，这种工作不可能由一个或几个厂商来完成；同时这些工作也不能靠政府有关部门来完成。正是由于单个企业和政府管理部门的作用受到限制，行业协会才能担当重要角色。

（2）保护会员和本行业利益　行业协会代表绝大多数会员和从业者的利益，而政府或单个企业则很难代表。因为这是整个行业面临的问题，只有行业协会才能通过调查统计，了解掌握充分证据。这些资料的提供都需要行业协会组织有关企业共同努力才能完成。

（3）帮助企业应对面临的共同问题　在开拓市场时，由行业协会出面协商，在自愿的基础上组织企业互惠互利的合作活动。例如，一些初入业者，往往采取以较低的价格打入市场的战略，常常出现企业竞相压价的现象。如果行业协会在协调本行业产品的价格时确立最低限价，就能保护本地产品在市场上的合理价格，从而可避免企业竞相压价现象。

协会组织制定本行业产品标准、开展评估与认证，对企业的内部治理结构进行监督管理，对企业的市场竞争行为进行监督，维护企业的合法权益，制定行业

发展规划并组织实施等。

4. 监督、自律机制

协会对本行业产品和服务质量、竞争手段、经营作风进行严格监督，维护行业信誉，鼓励公平竞争，打击违法、违规行为，帮助企业应对面临的共同问题。在开拓市场时，由行业协会出面协商，在自愿的基础上组织企业互惠互利的合作活动。例如，有些企业往往采取以较低的价格打入市场的战略，常常出现企业竞相压价的现象。如果行业协会在协调本行业商品的价格时确立最低限价，就能保护本地产品在市场上的合理价格，从而可避免企业竞相压价现象。

5.9.2 塑木行业协会现状

目前，我国塑木复合材料行业协会组织是设在中国塑料加工工业协会之下的“中国塑料加工工业协会塑木制品专业委员会”和设在中国资源综合利用协会下的“中国木塑复合材料专业委员会”。近年来，这两个专委会为中国塑木复合材料产业发展发挥了组织、桥梁作用，各自都为行业做出了贡献。协会在“提供服务、反映诉求、规范行为”等方面取得了一定的成果。

但由于体制等历史原因，两个隶属不同行业协会的专委会职能重叠交叉，互为牵制，使得协会专委会的自律、自治功能欠缺、结构不合理，不能有效地发挥行业协会的作用。主要表现为以下几个方面：

（1）代表性问题　目前参加行业协会的塑木复合材料生产企业数量较少，上游企业数量相对较多。因此代表性不够强，难以代表本行业全体企业的共同利益。

（2）协调职能发挥还不够充分　由于制定与执行行规行约不力，因此难以协调本行业企业之间的经营行为。

（3）监督功能缺失　对本行业产品和服务质量、竞争手段、经营作风没有进行严格监督，难以维护行业信誉。

（4）统计工作缺位　对本行业的基本情况进行统计、分析和发布的行业基础工作不扎实。

（5）两个专委会未能开展对国内外本行业发展情况的基础调查进行沟通和讨论，因此对行业发展策略、规划、远景预测等方面不能形成一致的意见，有的方面还出现较大的差距，因此缺乏行业协会的公信力，使企业无所适从。

5.9.3 塑木行业协会发展对策

中国塑木复合材料行业处在发展时期，协会职能发挥关系着整个行业的发展。

1. 建立行业自律公约

为了规范行业行为，协调企业利益关系，维护企业间的公平竞争和正当利益，促进行业发展，协会应该制定和实行行业自律公约。主要内容包括：

（1）严格执行相关的法律、法规。

（2）制定和认真执行行规行约，“行规和行约”是行业内部自我管理，自我约束的一种措施。行规和行约的制定和执行，对会员无疑起到一种自我监督的作用，将推动塑木复合材料行业规范健康的发展。

（3）行业自律也是维护本行业和企业的利益，避免恶性竞争，维护本行业持续健康地良性发展的有力保障。

（4）目前专委会实行行业自律的具体措施主要包括：建立企业诚信机制；开展行业诚信评价、企业信用等级评价等。

2. 建立行业的维权机制

建立行业维权机制是维护行业企业在生产、经营活动中的合法权益。一般在行业中，维权大体上可以分以下两个方面：

（1）整个行业性的维权。经常表现为主管部门、行业协会等协调处理对外贸易的争议，做好反垄断、反倾销、反补贴相关工作等。

（2）企业的维权。这也是出现问题最多和最复杂的层面，如假冒、欺诈和恶意竞争等不良现象都在时刻侵犯着一些企业的合法权益。

3. 扩大行业协会的社会覆盖面，加强协会的自身建设

目前，全国塑木复合材料企业有 1000 家，还有相当数量的上下游企业，塑木复合材料行业协会要积极扩大会员数量，广泛吸收成员单位，争取各级协会的会员覆盖面扩大到全国塑木复合材料企业总量的 80% 以上，为塑木复合材料行业协会发挥行业自律作用，创造条件打好基础，增强行业协会的代表性、凝聚力。

要大力加强协会的机构建设，建立专业机构和秘书处，处理协会专委会的日常管理工作，初步形成统一管理、分工协作、突出整体、发挥专长、扩充范围、优化结构的格局。要充分发挥行业协会自身的功能与作用，行业协会的优势就会逐渐显示出来。

5.10 关于进一步提供政策支持问题

如前所述，我国塑木复合材料绝大部分是中小型民营企业和中外合资企业，随着近些年的发展，涌现出一些有规模企业，但塑木复合材料行业仍然处于初步发展阶段。目前国家鼓励发展循环经济，在政策方面也出台了多项相关政策促进

循环经济的发展。在技术政策和产业政策方面，国家给予塑木行业大量的支持，有效促进了塑木技术和产业的发展。尤其塑木复合材料行业属于《国家重点支持的高新技术领域》规定的范围，在税收、融资、人才激励等方面都可享受相应的优惠政策。国家已先后颁布与塑木产业有关的政策至少有 18 项（参见附录 F），但现行高新技术的税收扶持政策仍存在一些需要进一步解决和完善的问题。

5.10.1 关于优惠政策的针对性问题

我国的税收优惠政策的成文法律不多，由于缺乏法律基础，税收政策的可操作性有限。需要以明确的法律形式实行，法律的刚性会使政策变得更有效率。以财政部和国家税务总局发布的资源综合利用产品优惠政策为例，早期政策中没有明确规定塑木制品为综合利用产品，各地在执行政策时，有两个项目与塑木相关，分别为“废塑料、废旧聚氯乙烯（PVC）制品、废铝塑（纸铝、纸塑）复合纸包装材料”和“三剩物、次小薪材、农作物秸秆”这两种资源种类。塑木企业可以根据自身的情况，灵活选择更适合的项目进行申报。但往往主管部门掌握尺度不一，导致很少有企业能实际享受优惠政策。

再者，政府鼓励环境保护和循环经济的税收优惠，主要采取减税和免税形式，受益面较窄，针对性和灵活性不足。对于国内塑木行业来说，由于规模效应尚未实现，企业多亏损经营，更加无法享受到企业所得税的优惠。例如在 2015 年 6 月 12 日财税〔2015〕78 号文件中 3.7“废塑料、废旧聚氯乙烯（PVC）制品、废铝塑（纸铝、纸塑）复合纸包装材料”项目中明确了塑木（木塑）制品为其综合利用产品，但是技术标准和相关条件中要求“产品原料 70% 以上来自所列资源”，这样就把 HDPE、PP 基体的塑木制品排除在优惠政策之外，导致行业中大量的企业失去了享受税收优惠的可能。实际上 HDPE、PP 基体的塑木制品中使用的废塑料和三剩物、农作物秸秆的比例可达 90% 以上，却无法享受到国家的优惠政策，严重挫伤了相关生产企业的积极性，降低了塑木行业的竞争优势。因此，希望有针对塑木产业的优惠政策出台。

5.10.2 关于高新技术企业认定问题

各省市对高新技术的认定都有明确的条件，对于中小型塑木企业往往在大专以上学历科技人员所占比例、产品利税率和产品研发的经费占本企业年总收入的比例等方面有的难以达到要求，不能被认定，因而享受不到高新技术企业的优惠政策，因此建议对塑木中小企业适当放宽认定条件，以利促进塑木企业的顺利发展。

5.10.3 关于产品附加值问题

虽然新税法对高新技术企业规定了认定条件，但我国仍有很多高新技术企业生产的多是低附加值产品，这样就使得生产高附加值产品的企业利益受到了相对的侵害。需要政府对高附加值制造产品的企业减免所得税，特别是对塑木工业予以政策扶持高附加值产品。

5.10.4 关于微利小型企业的优惠政策问题

我国塑木复合材料产业有大量中小型企业，对微利小型企业实行的是 20% 的优惠税率，但是政策规定，既是高新技术企业、又是微利小型企业，仅能享受 15% 的高新技术企业优惠税率，而不能享受重叠优惠。也就是说，小型高新技术企业仅享有差额为 5% 的优惠。这样小型企业的研发、创新积极性就会受到影响。政府应制定相应的优惠政策鼓励企业激发创新精神。

5.10.5 关于海关出口产品编码问题

塑木制品没有相应的海关编码，塑木产品出口“名不正、言不顺”，使得出口企业在出口时遭遇了重重障碍。塑木复合材料是一种新产品，现有的海关出口产品编码中没有这个品种，出口报关时，许多企业只能借用塑料地板的编码。而由于该产品品名中含有“木”字，同时产品外观又类似木材，常常被海关误认为是木材制品，被要求按木材制品的标准进行熏蒸处理并提供商检报告，这无疑增添了许多不必要的麻烦。

5.10.6 关于激励创新和人才培养问题

对高新科技人员的税收优惠政策，建议进行政策修订，对塑木行业技术人员创新收入给予特定的税收优惠，进而激励创新。

关于高新技术后备人才的培养，也需要国家能出台相应配套措施，例如学校、科研院所专项培养人才以满足行业快速发展的需要。

参考文献

[1] Gordon J E. The New Science of Strong Materials（or Why You Don't Fall Through the Floor）[M]. 2nded. Princeton University Press, Princeton,NJ, 1988:179.

[2] 王清文，王伟宏，等 . 木塑复合材料与制品 [M]. 北京 : 化学工业出版社，2006：4-5.

[3] 林建国 , 唐龙祥 , 何晓军 . 处理剂对木塑产品性能的影响 [J]. 塑料工业，2006，32（2）:52-54.

[4] Wolcott MP. Production methods and platforms for wood plastic composites. [C]: Proceedings of the non-wood substitutes for solid wood products conference, 2003, Melbourne：12.

[5] Saheb DN, Jog JP. Natural fiber polymer composites: a review[J]Adv Polym Tech 1999,18（4）:351-363.

[6] Markarian J. Outdoor living space drives growth in wood-plastic composites [J]. Plastics Additives&Comounding, 2008.

[7] Clemons CM, Ibach RE. Effects of processing method and moisture history on laboratory fungal resistance of wood-HDPE composites[J]. Forest Prod J ,2004,54（4）:50-57.

[8] Stark NM. Effect of weathering cycle and manufacturing method on performance of wood flour and high-density polyethylene composites [J]. J Appl Polym Sci 2006,100:3131-3140.

[9] Stark NM, Matuana LM, Clemons CM. Effect of processing method on surface and weathering characteristics of wood-flour/HDPE composites [J].J Appl PolymSci,2004,93:1021-1030.

[10] Bledzki AK, Faruk O. Extrusion and injection moulded microcellular wood fibre reinforced polypropylene composites [J]. Cell Polym 2004,23（4）：211-227.

[11] 海明 .“内热”工艺降低水下切粒法 WPC 粒子含水量 [J]. 上海塑料 , 2008（1）: 48-48.

[12] 治明 . 塑木复合材料的新焊接方法 [J]. 国外塑料 ,2012,1:31-34.

[13] 黄锐 , 何阳 , 郑德 . 塑木复合材料发展趋势 [C]. 中国第三届国际塑木高峰论坛会议论文集 , 深圳 ,2009:40-46.

[14] 黄锐 , 何阳 , 郑德 . 塑木复合材料发展历史和现状 [C]. 2009 年塑料助剂生产与应用技术、信息交流会会议论文集 , 北京 ,2009:225-233.

[15] 蔡培鑫 , 吕群 , 梁梦杰 , 等 . 聚丙烯基木塑复合材料的吸水性能及其影响 [J], 塑料工业 , 2012,2:104-105.

[16] 孙占英 , 李大纲 , 吴正元 , 等 . 人工模拟海水和酸雨条件对塑木复合材料性能的影响 [J]. 塑料工业 , 2005（S1）36-38.

[17] Annon.Woodplasticscomposites set for growth inEurope [J].British Plastics&Rubber,2005,5:28.

[18] Tony Deligio. Wood-plastic composites build new market [J], Modern Plastics,2006,83（12）:24-29.

[19] 王清文，王伟宏 . 木塑复合材料与制品 [M]. 北京：化学工业出版社 . 2006.

[20] 刘凤亭，朱花玲 . 新型塑木复合材料在玻璃包装上的应用 [J]. 玻璃 , 2006, 4:35-39.

[21] 徐会庆 . 塑木复合材料在铁路客车上的应用 [J]. 机车车辆工艺 , 2004,5:45-46.

[22] Schut J H. For Compounding,Sheet &Profile: Wood is good [J]. Plast Technol,1999.

[23] Pelikan H D,Titz S. Process for production of cellular cavities in thermoplastic material in which the medium which forms the gas bubbles is bound to a carrier:.US Patent: 4104207[P]1978-08-01.

[24] Deaner M J,Puppin G,Heikkila K E.Advanced polymer/wood composite structural member:US Pantent,5486553[P].1996-01-23.

[25] Takeyasu Kikuchi. Market and Standards in the Asian Market [C]. 中国第八届国际塑木高峰论坛会刊 , 南京 .2014:319.

[26] Dumbauld G L. Foaming thermoplastic elastomers:US Pantent, 5070111[P].1991-12-03.

[27] Cope C W. Extrusion product with decorative enhancement and process of making the same:US Pantent, 5508103[P].1996-04-16.

[28] Turk D L,Grill O.Interfacial blending agent for natural fiber composites:US Pantent,5858522[P].1999-01-12.

[29] Brooks J G,Goforth B D,Goforth C L. Method for making composite material:US Pantent,5082605[P].1992-01-12.

[30] Goforth B D,Goforth C L,Brooks J G. System and process for making synthetic wood products from recycled materials:US Panten,5096046[P].1992-03-17.

[31] Goettler L A. Treated fibers and bonded composites of cellulose fibers in vinyl chloride polymer characterized by an isocyanate bonding agent:US Pantent, 4376144[P].1983-03-08.

[32] Sheman L M. Natural Fibers:The New Fashion in Automotive Plastics[EB/OL]. http://www.ptonline.com/articles/199910fa1.html.1999.

[33] Clemons C. Wood-plastic composites in the United States:the interfacing of two industries[J]. Forest Prod J,2002,52（6）:10-18.

[34] Patterson J.New opportunities with wood-flour-foamed PVC[J] Vinyl Addit Technol，2001，7（3）:138-141.

[35] Clemons C M.Woodfiber-Plastic Composites in the United States,History and Current and Future Markets[C].International Wood and Natural Fibre Composites Symposium,Kassel， Germany,2000:19 -20.

[36] Youngquist J A. Unlikely Partners The Marrige of Wood and NonwoodMaterials[J]. Forest Prod J,1995，45（10）:25-30.

[37] Ivan L.High Durability and Low Maintenance Boost Wood Plastic Composites Prospect [J]. Chem Mark Rep，2003，264（22）:12.

[38] M.Sain Where Wood Plastic Composites go [C] . 中国第四届国际塑木高峰论坛论文集 , 南京，2010:29-56.

[39] Asta E. wood-plastic Composite Markets in Europe [C]. 中国第四届国际塑木高峰论坛会刊 , 南京 .2010:22-30.

[40] 余继春 . 国内塑木复合材料的发展动态 [J]. 中国塑木 ,2014（3）：47.

[41] 张之敬 . 聚烯烃塑木共挤技术在国内外发展 [C]. 第 5 届中国塑木高峰论坛论文集，2011

[42] Hristov V N,Takacs E,Vlachopoulos J. Viscoelastic behavior of highly filled HDPE/wood flour composites[J]. Annual Technical Conterence,2005,1331-1335.

[43] Hristov V N,Takacs E,Vlachopoulos J.Surface tearing and wall slip phenomena in extrusion of highly filled HDPE/wood flour composites[J].Polym Eng Sci,2006,46（9）:1204-1214.

[44] 宋永明，王清文 . 木塑复合材料流变行为研究进展 [J]. 林业科学，2012，48（8）:143-149.

[45] Silva A, Gartner B L,Morrell J J. Towards the development of accelerated methods for assessing the durability of wood plastic composites[J].J Test Eval,2007,35（2）:203-210.

[46] Stark N M ,Matuana L M.Surface Chemistry and Meehanical Property Changes of Wood-flour/High-density- polyethylene Composites after Accelerated Weathering[J]. J Appl Polym Sci,2004,94（6）:2263-2273.

[47] Dang W J. Influence of Ultraviolet Accelerated Weathering on the Properties of Wood Fiber/PoIypropylene Composites[D].Harbin:Northeast Forestry University,2007.

[48] Matuana LM, Kamdem D P. Photoaging and stabilization of rigid PVC/Wood-fiber composites[J]. J Appl Polym Sci, 2001,80:1943-1950.

[49] Zhang Z M, Du H, Wang W H, et al. Property changes of wood-fiber/HDPE composites colored by iron oxide pigments after accelerated UV weathering[J] J Forest Res,2010,21（1）: 59-62.

[50] 盛旭敏 , 张卫勤 . 木 / 塑发泡材料研究现状及其发展趋势 [J]. 现代塑料加工应用，2005,17（6）:61-64.

[51] 盛旭敏，张卫勤，黄锐，等．木粉／低密度聚乙烯复合材料的发泡研究 [J]. 中国塑料，2005，19（9）:77-82.

[52] 敖欢，刘廷华．木塑复合材料发泡成型技术研究进展 [J]. 塑料工业，2005，9:1-4.

[53] 丁宏明，刘莉，李荣勋，等．PVC 微发泡仿木结皮板材生产技术 [J]. 塑料科技，2004，6:35-38.

[54] Annon. New Additive & Colorants Too Debut at K2007[J].Plast Technol，2007，53（9）:41-44.

[55] 李思远，杨伟，杨鸣波．木塑复合材料挤出成型工艺及材料性能的研究 [J]. 塑料工业，2003.

[56] 刘辉．高效 PVC 木塑挤出成型工艺及专用单螺杆挤出机研究 [D]. 武汉：武汉理工大学，2012.

[57] Harper D,Wolcott M. Interaction between coupling agent and lubricants in wood-polypropylene composites[J]. Appl Sci Manuf，2004，35（3）：385-394.

[58] Lopez J L，Cooper P A，Sain M. Evaluation of proposed test methods to determine decay resistance of natural fiber plastic composites[J]. Forest Prod J，2005，55（12）：95-99.

[59] Verhey S A，Laks P E，Richter D L，et al，Use of field stakes to evaluate the decay resistance of wood fiber-thermoplastic composites[J]. Forest Prod J, 2003，53（5）:67-74.

[60] Clemons C M，Ibach R E. Laboratory tests on fungal resistance of wood filled polyethylene composites[C]. ANTEC Annual Technical Conference Society of Plastics Engineers; 2002 May 5-9; San Francisco CA. Volume II-Materials，2002: 2219-2222.

[61] Pendleton D E, Hoffard T A, Adcock T, et al. Durability of an extruded HDPE/wood composite[J]. Forest Prod J,2002,52（6）：21-27.

[62] Verhey S, Laks P, Richter D. Laboratory decay resistance of woodfiber/thermoplastic composites[J].Forest Prod J, 2001,51（9）：44-49.

[63] 刘英俊 . 用创新思维 • 创新技术 • 创新产品促进改性塑料产业持续健康发展 [C]. 改性塑料及功能母料产业发展论坛论文资料集，广州 ,2009:10-20.

[64] 黄锐，何阳，钱玉英，等 . 塑木复合材料用偶联剂 [C]. 2008 年塑料助剂生产与应用技术、信息交流会会议论文集 , 青岛 :2008:254-258.

[65] Anatole A K. Wood-plastic Composites[M].A John Wiley&Sons，Inc，2007.

[66] 王清文，生物质聚合物复合材料研究进展 [C] 第 6 届国际塑木论坛论文集，南京 2012：305-322.

[67] 靳艳英，木塑复合材料发展概论及专利分析 [J]，塑料制造 2015.

[68] 刘文鹏 . 聚烯烃基木塑复合材料的研究 [D]. 青岛 : 青岛科技大学，2006.

附　录

附录 A

国务院关于积极推进“互联网 +”行动的指导意见（摘录）
国发〔2015〕40 号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

“互联网 +”是把互联网的创新成果与经济社会各领域深度融合，推动技术进步、效率提升和组织变革，提升实体经济创新力和生产力，形成更广泛的以互联网为基础设施和创新要素的经济社会发展新形态。在全球新一轮科技革命和产业变革中，互联网与各领域的融合发展具有广阔前景和无限潜力，已成为不可阻挡的时代潮流，正对各国经济社会发展产生着战略性和全局性的影响。积极发挥我国互联网已经形成的比较优势，把握机遇，增强信心，加快推进“互联网 +”发展，有利于重塑创新体系、激发创新活力、培育新兴业态和创新公共服务模式，对打造大众创业、万众创新和增加公共产品、公共服务“双引擎”，主动适应和引领经济发展新常态，形成经济发展新动能，实现中国经济提质增效升级具有重要意义。

近年来，我国在互联网技术、产业、应用以及跨界融合等方面取得了积极进展，已具备加快推进“互联网 +”发展的坚实基础，但也存在传统企业运用互联网的意识和能力不足、互联网企业对传统产业理解不够深入、新业态发展面临体制机制障碍、跨界融合型人才严重匮乏等问题，亟待加以解决。为加快推动互联网与各领域深入融合和创新发展，充分发挥“互联网 +”对稳增长、促改革、调结构、惠民生、防风险的重要作用，现就积极推进“互联网 +”行动提出以下意见。

一、行动要求

（一）总体思路。

顺应世界“互联网 +”发展趋势，充分发挥我国互联网的规模优势和应用优势，推动互联网由消费领域向生产领域拓展，加速提升产业发展水平，增强各行业创新能力，构筑经济社会发展新优势和新动能。坚持改革创新和市场需求导向，突出企业的主体作用，大力拓展互联网与经济社会各领域融合的广度和深度。着力深化体制机制改革，释放发展潜力和活力；着力做优存量，推动经济提质增效和

转型升级；着力做大增量，培育新兴业态，打造新的增长点；着力创新政府服务模式，夯实网络发展基础，营造安全网络环境，提升公共服务水平。

（二）基本原则。

坚持开放共享。营造开放包容的发展环境，将互联网作为生产生活要素共享的重要平台，最大限度优化资源配置，加快形成以开放、共享为特征的经济社会运行新模式。

坚持融合创新。鼓励传统产业树立互联网思维，积极与“互联网 +”相结合。推动互联网向经济社会各领域加速渗透，以融合促创新，最大程度汇聚各类市场要素的创新力量，推动融合性新兴产业成为经济发展新动力和新支柱。

坚持变革转型。充分发挥互联网在促进产业升级以及信息化和工业化深度融合中的平台作用，引导要素资源向实体经济集聚，推动生产方式和发展模式变革。创新网络化公共服务模式，大幅提升公共服务能力。

坚持引领跨越。巩固提升我国互联网发展优势，加强重点领域前瞻性布局，以互联网融合创新为突破口，培育壮大新兴产业，引领新一轮科技革命和产业变革，实现跨越式发展。

坚持安全有序。完善互联网融合标准规范和法律法规，增强安全意识，强化安全管理和防护，保障网络安全。建立科学有效的市场监管方式，促进市场有序发展，保护公平竞争，防止形成行业垄断和市场壁垒。

（三）发展目标。

到 2018 年，互联网与经济社会各领域的融合发展进一步深化，基于互联网的新业态成为新的经济增长动力，互联网支撑大众创业、万众创新的作用进一步增强，互联网成为提供公共服务的重要手段，网络经济与实体经济协同互动的发展格局基本形成。

……

二、重点行动

（一）“互联网 +”创业创新。

充分发挥互联网的创新驱动作用，以促进创业创新为重点，推动各类要素资源聚集、开放和共享，大力发展众创空间、开放式创新等，引导和推动全社会形成大众创业、万众创新的浓厚氛围，打造经济发展新引擎。（发展改革委、科技部、工业和信息化部、人力资源社会保障部、商务部等负责，列第一位者为牵头部门，下同）

1. 强化创业创新支撑。鼓励大型互联网企业和基础电信企业利用技术优势和产业整合能力，向小微企业和创业团队开放平台入口、数据信息、计算能力等资源，提供研发工具、经营管理和市场营销等方面的支持和服务，提高小微企业信息化应用水平，培育和孵化具有良好商业模式的创业企业。充分利用互联网基础条件，完善小微企业公共服务平台网络，集聚创业创新资源，为小微企业提供找得着、用得起、有保障的服务。

2. 积极发展众创空间。充分发挥互联网开放创新优势，调动全社会力量，支持创新工场、创客空间、社会实验室、智慧小企业创业基地等新型众创空间发展。充分利用国家自主创新示范区、科技企业孵化器、大学科技园、商贸企业集聚区、小微企业创业示范基地等现有条件，通过市场化方式构建一批创新与创业相结合、线上与线下相结合、孵化与投资相结合的众创空间，为创业者提供低成本、便利化、全要素的工作空间、网络空间、社交空间和资源共享空间。实施新兴产业“双创”行动，建立一批新兴产业“双创”示范基地，加快发展“互联网 +”创业网络体系。

3. 发展开放式创新。鼓励各类创新主体充分利用互联网，把握市场需求导向，加强创新资源共享与合作，促进前沿技术和创新成果及时转化，构建开放式创新体系。推动各类创业创新扶持政策与互联网开放平台联动协作，为创业团队和个人开发者提供绿色通道服务。加快发展创业服务业，积极推广众包、用户参与设计、云设计等新型研发组织模式，引导建立社会各界交流合作的平台，推动跨区域、跨领域的技术成果转移和协同创新。

（二）“互联网 +”协同制造。

推动互联网与制造业融合，提升制造业数字化、网络化、智能化水平，加强产业链协作，发展基于互联网的协同制造新模式。在重点领域推进智能制造、大规模个性化定制、网络化协同制造和服务型制造，打造一批网络化协同制造公共服务平台，加快形成制造业网络化产业生态体系。（工业和信息化部、发展改革委、科技部共同牵头）

1. 大力发展智能制造。以智能工厂为发展方向，开展智能制造试点示范，加快推动云计算、物联网、智能工业机器人、增材制造等技术在生产过程中的应用，推进生产装备智能化升级、工艺流程改造和基础数据共享。着力在工控系统、智能感知元器件、工业云平台、操作系统和工业软件等核心环节取得突破，加强工业大数据的开发与利用，有效支撑制造业智能化转型，构建开放、共享、协作的智能制造产业生态。

2.发展大规模个性化定制。支持企业利用互联网采集并对接用户个性化需求，推进设计研发、生产制造和供应链管理等关键环节的柔性化改造，开展基于个性化产品的服务模式和商业模式创新。鼓励互联网企业整合市场信息，挖掘细分市场需求与发展趋势，为制造企业开展个性化定制提供决策支撑。

3.提升网络化协同制造水平。鼓励制造业骨干企业通过互联网与产业链各环节紧密协同，促进生产、质量控制和运营管理系统全面互联，推行众包设计研发和网络化制造等新模式。鼓励有实力的互联网企业构建网络化协同制造公共服务平台，面向细分行业提供云制造服务，促进创新资源、生产能力、市场需求的集聚与对接，提升服务中小微企业能力，加快全社会多元化制造资源的有效协同，提高产业链资源整合能力。

4.加速制造业服务化转型。鼓励制造企业利用物联网、云计算、大数据等技术，整合产品全生命周期数据，形成面向生产组织全过程的决策服务信息，为产品优化升级提供数据支撑。鼓励企业基于互联网开展故障预警、远程维护、质量诊断、远程过程优化等在线增值服务，拓展产品价值空间，实现从制造向“制造+服务”的转型升级。

……

（八）“互联网+”电子商务。

巩固和增强我国电子商务发展领先优势，大力发展农村电商、行业电商和跨境电商，进一步扩大电子商务发展空间。电子商务与其他产业的融合不断深化，网络化生产、流通、消费更加普及，标准规范、公共服务等支撑环境基本完善。（发展改革委、商务部、工业和信息化部、交通运输部、农业部、海关总署、税务总局、质检总局、网信办等负责）

1.积极发展农村电子商务。开展电子商务进农村综合示范，支持新型农业经营主体和农产品、农资批发市场对接电商平台，积极发展以销定产模式。完善农村电子商务配送及综合服务网络，着力解决农副产品标准化、物流标准化、冷链仓储建设等关键问题，发展农产品个性化定制服务。开展生鲜农产品和农业生产资料电子商务试点，促进农业大宗商品电子商务发展。

2.大力发展行业电子商务。鼓励能源、化工、钢铁、电子、轻纺、医药等行业企业，积极利用电子商务平台优化采购、分销体系，提升企业经营效率。推动各类专业市场线上转型，引导传统商贸流通企业与电子商务企业整合资源，积极向供应链协同平台转型。鼓励生产制造企业面向个性化、定制化消费需求深化电

子商务应用，支持设备制造企业利用电子商务平台开展融资租赁服务，鼓励中小微企业扩大电子商务应用。按照市场化、专业化方向，大力推广电子招标投标。

3. 推动电子商务应用创新。鼓励企业利用电子商务平台的大数据资源，提升企业精准营销能力，激发市场消费需求。建立电子商务产品质量追溯机制，建设电子商务售后服务质量检测云平台，完善互联网质量信息公共服务体系，解决消费者维权难、退货难、产品责任追溯难等问题。加强互联网食品药品市场监测监管体系建设，积极探索处方药电子商务销售和监管模式创新。鼓励企业利用移动社交、新媒体等新渠道，发展社交电商、“粉丝”经济等网络营销新模式。

4. 加强电子商务国际合作。鼓励各类跨境电子商务服务商发展，完善跨境物流体系，拓展全球经贸合作。推进跨境电子商务通关、检验检疫、结汇等关键环节单一窗口综合服务体系建设。创新跨境权益保障机制，利用合格评定手段，推进国际互认。创新跨境电子商务管理，促进信息网络畅通、跨境物流便捷、支付及结汇无障碍、税收规范便利、市场及贸易规则互认互通。

……

（十）“互联网 +”绿色生态。

推动互联网与生态文明建设深度融合，完善污染物监测及信息发布系统，形成覆盖主要生态要素的资源环境承载能力动态监测网络，实现生态环境数据互联互通和开放共享。充分发挥互联网在逆向物流回收体系中的平台作用，促进再生资源交易利用便捷化、互动化、透明化，促进生产生活方式绿色化（发展改革委、环境保护部、商务部、林业局等负责）

……

3. 完善废旧资源回收利用体系。利用物联网、大数据开展信息采集、数据分析、流向监测，优化逆向物流网点布局。支持利用电子标签、二维码等物联网技术跟踪电子废物流向，鼓励互联网企业参与搭建城市废弃物回收平台，创新再生资源回收模式。加快推进汽车保险信息系统、“以旧换再”管理系统和报废车管理系统的标准化、规范化和互联互通，加强废旧汽车及零部件的回收利用信息管理，为互联网企业开展业务创新和便民服务提供数据支撑。

4. 建立废弃物在线交易系统。鼓励互联网企业积极参与各类产业园区废弃物信息平台建设，推动现有骨干再生资源交易市场向线上线下结合转型升级，逐步形成行业性、区域性、全国性的产业废弃物和再生资源在线交易系统，完善线上信用评价和供应链融资体系，开展在线竞价，发布价格交易指数，提高稳定供给

能力，增强主要再生资源品种的定价权。

……

（二）强化创新驱动。

1. 加强创新能力建设。鼓励构建以企业为主导，产学研用合作的“互联网+”产业创新网络或产业技术创新联盟。支持以龙头企业为主体，建设跨界交叉领域的创新平台，并逐步形成创新网络。鼓励国家创新平台向企业特别是中小企业在线开放，加大国家重大科研基础设施和大型科研仪器等网络化开放力度。（发展改革委、科技部、工业和信息化部、网信办等负责）

……

3. 强化知识产权战略。加强融合领域关键环节专利导航，引导企业加强知识产权战略储备与布局。加快推进专利基础信息资源开放共享，支持在线知识产权服务平台建设，鼓励服务模式创新，提升知识产权服务附加值，支持中小微企业知识产权创造和运用。加强网络知识产权和专利执法维权工作，严厉打击各种网络侵权假冒行为。增强全社会对网络知识产权的保护意识，推动建立“互联网+”知识产权保护联盟，加大对新业态、新模式等创新成果的保护力度。（知识产权局牵头）

……

3. 鼓励联合培养培训。实施产学合作专业综合改革项目，鼓励校企、院企合作办学，推进“互联网+”专业技术人才培训。深化互联网领域产教融合，依托高校、科研机构、企业的智力资源和研究平台，建立一批联合实训基地。建立企业技术中心和院校对接机制，鼓励企业在院校建立“互联网+”研发机构和实验中心。（教育部、发展改革委、科技部、工业和信息化部、人力资源社会保障部、网信办等负责）

……

3. 有序推进实施。各地区、各部门要主动作为，完善服务，加强引导，以动态发展的眼光看待“互联网+”，在实践中大胆探索拓展，相互借鉴“互联网+”融合应用成功经验，促进“互联网+”新业态、新经济发展。有关部门要加强统筹规划，提高服务和管理能力。各地区要结合实际，研究制定适合本地的“互联网+”行动落实方案，因地制宜，合理定位，科学组织实施，杜绝盲目建设和重复投资，务实有序推进“互联网+”行动。（各部门、各地方政府负责）

国务院

2015 年 7 月 1 日

附录 B

关于促进中小企业公共服务平台建设的指导意见

各省、自治区、直辖市、计划单列市及新疆生产建设兵团工业和信息化（经济和信息化、经贸、经济、中小企业）、发展改革、科技、财政、人力资源社会保障（人事、劳动保障）、环境保护、质量技术监督局（委、厅、办），有关行业协会：

为贯彻落实《国务院关于进一步促进中小企业发展的若干意见》（国发〔2009〕36 号）和国家重点产业调整振兴规划，推动中小企业调整结构，转变发展方式，现就促进中小企业公共服务平台（以下简称“服务平台”）建设，提出以下指导意见。

一、统一思想，明确目标，积极推动服务平台建设

（一）服务平台的含义和作用。服务平台一般是指按照开放性和资源共享性原则，为区域和行业中小企业提供信息查询、技术创新、质量检测、法规标准、管理咨询、创业辅导、市场开拓、人员培训、设备共享等服务的法人实体。服务平台在解决中小企业共性需求，畅通信息渠道，改善经营管理，提高发展质量，增强市场竞争力，实现创新发展等方面发挥着重要支撑作用。加快服务平台建设，是落实国务院促进中小企业发展政策和国家重点产业调整振兴规划的重要举措，对改善中小企业发展环境，促进社会资源优化配置和专业化分工协作，推动共性关键技术的转移与应用，逐步形成社会化、市场化、专业化的公共服务体系和长效机制具有重要现实意义。

（二）指导思想。服务平台建设要深入贯彻落实科学发展观，按照促进中小企业转变发展方式，加快结构调整的总体要求，通过统筹规划、集聚资源、营造环境、加强服务，建立和完善满足中小企业发展需求的支撑体系和良好的外部环境，促进中小企业提升创新能力和核心竞争力，实现又好又快发展。

（三）建设原则。服务平台建设要按照“政府引导、市场化运作，面向产业、服务企业，资源共享、注重实效”的原则，坚持政府引导与社会广泛参与相结合，

坚持非营利服务与市场化服务相结合，坚持促进产业升级与服务中小企业发展相结合，坚持社会服务资源开放共享与统筹规划、重点推动相结合。

（四）建设目标。充分发挥现有服务平台的作用，用三年时间，在中小企业集聚的区域和行业建立、充实和完善一批服务平台，满足中小企业发展需求；重点培育一批运作规范、支撑力强、业绩突出、信誉良好、公信度高的示范平台。完善政策措施，培育服务品牌，使服务平台的布局更加合理，特色更加突出，功能趋于完善，服务质量及企业满意度稳步提升，对中小企业持续健康发展的支撑作用明显增强。

二、服务平台的基本条件和发展要求

（五）基本条件。服务平台一般应具有独立的法人资格；拥有独立的工作场所及与所提供服务相适应的条件和设施；大专及以上学历专业服务人员的比例不低于 50%；具有较强的专业服务和组织社会资源能力；管理制度健全，经营行为规范，收费合理，服务内容、流程、标准、收费和时间能做到“五公开”；服务收入占营业额的比例不低于 50%。

（六）加强能力建设。服务平台要加强业务培训和人才培养，提高服务人员的素质和水平。要不断增加专业服务人员的比例，建立激励机制，优化人才结构，增强服务能力。要适时更新仪器设备和设施，积极运用现代信息技术，降低成本，提高效率，扩大服务的覆盖面和受益面。要努力取得相应的专业资质认证，增强服务的可靠性和权威性。

（七）创新发展模式。服务平台要积极探索建设方式和发展模式，通过与大学、科研院所、行业协会、专业性服务机构、企业等建立战略合作伙伴关系，集聚优质资源，提升服务水平。专业机构间要加强合作，建立协同服务机制。要通过开放实验室、专业化设备共享与租用等多种形式，满足中小企业发展需求，避免不必要的重复建设。

（八）培育服务品牌。服务平台要增强服务、市场和品牌意识，建立服务质量标准，完善质量保障制度，制定品牌发展目标和战略规划，树立品牌形象。健全信用制度，注重诚信经营，树立良好信誉，不断提高信用等级。培育企业文化，提高公信力和社会影响力，实现可持续发展。

三、服务平台的主要功能

（九）针对当前和今后一个时期中小企业发展需要，鼓励服务平台具备多种服务功能：

1. 信息查询：加强网络功能开发，畅通信息渠道，为企业提供法律法规、政策、技术、产品、标准、人才、市场等各类信息服务。

2. 技术创新：开展工业设计、技术咨询、知识产权战略实施、节能降耗、清洁生产和污染防治技术应用等服务，帮助企业研发新产品、新技术、新工艺，增强创新能力，形成具有自主知识产权的技术和产品。推动产学研联合，促进技术成果转化、适用技术推广和创新资源共享。

3. 质量管理：提供质量检验检测，原材料性能测试，推广先进质量管理方法和产品标准。指导企业建立质量管理体系，培养质量管理人员，提供大型加工仪器设备共享服务。帮助企业申请相关体系和产品认证，参与质量评奖活动。

4. 管理咨询：提供发展战略、财务管理、人力资源、市场营销等咨询诊断，帮助企业学习、掌握现代企业管理知识和技能，提高科学决策和经营管理能力。指导企业加强现场管理，提高清洁生产水平。

5. 创业辅导：为拟创业人员提供创业信息、商务计划书编制、创业培训，以及工商登记等政务代理和相关行政许可申报服务；为创办三年内的小企业提供管理咨询、项目诊断、市场营销、财务管理、筹资融资、财税申报、法律援助等辅导服务和创业场地。

6. 市场开拓：组织开展各类展览展销、贸易洽谈、产品推介、国内外经济技术交流与合作活动。帮助企业建立营销网络，应用电子商务，提高产品的市场占有率。

7. 人员培训：为企业经营者、专业技术人员和员工提供各类培训，提高企业人员的整体素质。

四、服务平台建设的保障措施

（十）编制建设规划。各地中小企业主管部门要根据本地区中小企业发展特点和实际需求，以及调结构、上水平、转变发展方式的总体要求，会同有关部门研究制定与区域产业及中小企业发展规划相衔接的服务平台建设规划，要合理布局，突出重点，明确目标和任务，完善相关政策措施。各有关行业协会要根据行业发展规划，在中小企业聚集区推动建立服务平台，集聚资源，为行业中小企业转型升级提供强有力的支撑服务。

（十一）加大政策扶持。发挥公共财政资金的引导作用，促进服务平台建设。各级促进中小企业发展专项资金和中央预算内技术改造专项投资要加大对服务平台建设和运营的支持，吸引和带动社会投资，加快推动服务平台建设。要研究制

定示范服务平台评价标准，对信誉好、服务优、效果显著的示范服务平台，实行服务补助和奖励表彰等扶持措施，引导服务平台规范运营，不断增强服务功能，提高服务质量，实现可持续健康发展。

（十二）完善工作机制。各地要充分利用有关部门的现有工作基础，积极发挥各自资源优势，加强沟通、协调与合作，建立联合工作机制。要明确分工，加强配合，完善管理，形成合力，共同推动服务平台的建设和发展。

（十三）加强指导和宣传。各地中小企业主管部门及有关部门要加大指导和服务力度，及时调查了解服务平台建设运营情况，发现和协调解决出现的问题，总结经验，推广有效做法，培育示范和服务品牌。要发挥网络、报刊等媒体的作用，加大对优秀示范服务平台的宣传，帮助中小企业更好地利用服务平台实现又好又快发展。

工业和信息化部　　国家发展和改革委员会
科学技术部　　财政部
人力资源和社会保障部　　环境保护部
国家质量监督检验检疫总局

二零一零年四月六日

附录 C

深化标准化工作改革方案

为落实《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》《国务院机构改革和职能转变方案》和《国务院关于促进市场公平竞争维护市场正常秩序的若干意见》（国发〔2014〕20 号）关于深化标准化工作改革、加强技术标准体系建设的有关要求，制定本改革方案。

一、改革的必要性和紧迫性

党中央、国务院高度重视标准化工作，2001 年成立国家标准化管理委员会，强化标准化工作的统一管理。在各部门、各地方共同努力下，我国标准化事业得到快速发展。截至目前，国家标准、行业标准和地方标准总数达到 10 万项，覆盖一二三产业和社会事业各领域的标准体系基本形成。我国相继成为国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）常任理事国及国际电信联盟（ITU）理事国，我国专家担任 ISO 主席、IEC 副主席、ITU 秘书长等一系列重要职务，主导制定国际标准的数量逐年增加。标准化在保障产品质量安全、促进产业转型升级和经济提质增效、服务外交外贸等方面起着越来越重要的作用。但是，从我国经济社会发展日益增长的需求来看，现行标准体系和标准化管理体制已不能适应社会主义市场经济发展的需要，甚至在一定程度上影响了经济社会发展。

一是标准缺失老化滞后，难以满足经济提质增效升级的需求。现代农业和服务业标准仍然很少，社会管理和公共服务标准刚刚起步，即使在标准相对完备的工业领域，标准缺失现象也不同程度存在。特别是当前节能降耗、新型城镇化、信息化和工业化融合、电子商务、商贸物流等领域对标准的需求十分旺盛，但标准供给仍有较大缺口。我国国家标准制定周期平均为 3 年，远远落后于产业快速发展的需要。标准更新速度缓慢，“标龄”高出德、美、英、日等发达国家 1 倍以上。标准整体水平不高，难以支撑经济转型升级。我国主导制定的国际标准仅占国际标准总数的 0.5%，“中国标准”在国际上认可度不高。

二是标准交叉重复矛盾，不利于统一市场体系的建立。标准是生产经营活动的依据，是重要的市场规则，必须增强统一性和权威性。目前，现行国家标准、行业标准、地方标准中仅名称相同的就有近 2 000 项，有些标准技术指标不一致甚至冲突，既造成企业执行标准困难，也造成政府部门制定标准的资源浪费和执法尺度不一。特别是强制性标准涉及健康安全环保，但是制定主体多，28 个部门和 31 个省（区、市）制定发布强制性行业标准和地方标准；数量庞大，强制性国家、行业、地方三级标准万余项，缺乏强有力的组织协调，交叉重复矛盾难以避免。

三是标准体系不够合理，不适应社会主义市场经济发展的要求。国家标准、行业标准、地方标准均由政府主导制定，且 70% 为一般性产品和服务标准，这些标准中许多应由市场主体遵循市场规律制定。而国际上通行的团体标准在我国没有法律地位，市场自主制定、快速反映需求的标准不能有效供给。即使是企业自己制定、内部使用的企业标准，也要到政府部门履行备案甚至审查性备案，企业能动性受到抑制，缺乏创新和竞争力。

四是标准化协调推进机制不完善，制约了标准化管理效能提升。标准反映各方共同利益，各类标准之间需要衔接配套。很多标准技术面广、产业链长，特别是一些标准涉及部门多、相关方立场不一致，协调难度大，由于缺乏权威、高效的标准化协调推进机制，越重要的标准越“难产”。有的标准实施效果不明显，相关配套政策措施不到位，尚未形成多部门协同推动标准实施的工作格局。

造成这些问题的根本原因是现行标准体系和标准化管理体制是 20 世纪 80 年代确立的，政府与市场的角色错位，市场主体活力未能充分发挥，既阻碍了标准化工作的有效开展，又影响了标准化作用的发挥，必须切实转变政府标准化管理职能，深化标准化工作改革。

二、改革的总体要求

标准化工作改革，要紧紧围绕使市场在资源配置中起决定性作用和更好发挥政府作用，着力解决标准体系不完善、管理体制不顺畅、与社会主义市场经济发展不适应问题，改革标准体系和标准化管理体制，改进标准制定工作机制，强化标准的实施与监督，更好发挥标准化在推进国家治理体系和治理能力现代化中的基础性、战略性作用，促进经济持续健康发展和社会全面进步。

改革的基本原则：一是坚持简政放权、放管结合。把该放的放开放到位，培育发展团体标准，放开搞活企业标准，激发市场主体活力；把该管的管住管好，

强化强制性标准管理，保证公益类推荐性标准的基本供给。二是坚持国际接轨、适合国情。借鉴发达国家标准化管理的先进经验和做法，结合我国发展实际，建立完善具有中国特色的标准体系和标准化管理体制。三是坚持统一管理、分工负责。既发挥好国务院标准化主管部门的综合协调职责，又充分发挥国务院各部门在相关领域内标准制定、实施及监督的作用。四是坚持依法行政、统筹推进。加快标准化法治建设，做好标准化重大改革与标准化法律法规修改完善的有机衔接，合理统筹改革优先领域、关键环节和实施步骤，通过市场自主制定标准的增量带动现行标准的存量改革。

改革的总体目标：建立政府主导制定的标准与市场自主制定的标准协同发展、协调配套的新型标准体系，健全统一协调、运行高效、政府与市场共治的标准化管理体制，形成政府引导、市场驱动、社会参与、协同推进的标准化工作格局，有效支撑统一市场体系建设，让标准成为对质量的“硬约束”，推动中国经济迈向中高端水平。

三、改革措施

通过改革，把政府单一供给的现行标准体系，转变为由政府主导制定的标准和市场自主制定的标准共同构成的新型标准体系。政府主导制定的标准由 6 类整合精简为 4 类，分别是强制性国家标准和推荐性国家标准、推荐性行业标准、推荐性地方标准；市场自主制定的标准分为团体标准和企业标准。政府主导制定的标准侧重于保基本，市场自主制定的标准侧重于提高竞争力。同时建立完善与新型标准体系配套的标准化管理体制。

（一）建立高效权威的标准化统筹协调机制。建立由国务院领导同志为召集人、各有关部门负责同志组成的国务院标准化协调推进机制，统筹标准化重大改革，研究标准化重大政策，对跨部门跨领域、存在重大争议标准的制定和实施进行协调。国务院标准化协调推进机制日常工作由国务院标准化主管部门承担。

（二）整合精简强制性标准。在标准体系上，逐步将现行强制性国家标准、行业标准和地方标准整合为强制性国家标准。在标准范围上，将强制性国家标准严格限定在保障人身健康和生命财产安全、国家安全、生态环境安全和满足社会经济管理基本要求的范围之内。在标准管理上，国务院各有关部门负责强制性国家标准项目提出、组织起草、征求意见、技术审查、组织实施和监督；国务院标准化主管部门负责强制性国家标准的统一立项和编号，并按照世界贸易组织规则开展对外通报；强制性国家标准由国务院批准发布或授权批准发布。强化依据强

制性国家标准开展监督检查和行政执法。免费向社会公开强制性国家标准文本。建立强制性国家标准实施情况统计分析报告制度。

法律法规对标准制定另有规定的，按现行法律法规执行。环境保护、工程建设、医药卫生强制性国家标准、强制性行业标准和强制性地方标准，按现有模式管理。安全生产、公安、税务标准暂按现有模式管理。核、航天等涉及国家安全和秘密的军工领域行业标准，由国务院国防科技工业主管部门负责管理。

（三）优化完善推荐性标准。在标准体系上，进一步优化推荐性国家标准、行业标准、地方标准体系结构，推动向政府职责范围内的公益类标准过渡，逐步缩减现有推荐性标准的数量和规模。在标准范围上，合理界定各层级、各领域推荐性标准的制定范围，推荐性国家标准重点制定基础通用、与强制性国家标准配套的标准；推荐性行业标准重点制定本行业领域的重要产品、工程技术、服务和行业管理标准；推荐性地方标准可制定满足地方自然条件、民族风俗习惯的特殊技术要求。在标准管理上，国务院标准化主管部门、国务院各有关部门和地方政府标准化主管部门分别负责统筹管理推荐性国家标准、行业标准和地方标准制修订工作。充分运用信息化手段，建立制修订全过程信息公开和共享平台，强化制修订流程中的信息共享、社会监督和自查自纠，有效避免推荐性国家标准、行业标准、地方标准在立项、制定过程中的交叉重复矛盾。简化制修订程序，提高审批效率，缩短制修订周期。推动免费向社会公开公益类推荐性标准文本。建立标准实施信息反馈和评估机制，及时开展标准复审和维护更新，有效解决标准缺失滞后老化问题。加强标准化技术委员会管理，提高广泛性、代表性，保证标准制定的科学性、公正性。

（四）培育发展团体标准。在标准制定主体上，鼓励具备相应能力的学会、协会、商会、联合会等社会组织和产业技术联盟协调相关市场主体共同制定满足市场和创新需要的标准，供市场自愿选用，增加标准的有效供给。在标准管理上，对团体标准不设行政许可，由社会组织和产业技术联盟自主制定发布，通过市场竞争优胜劣汰。国务院标准化主管部门会同国务院有关部门制定团体标准发展指导意见和标准化良好行为规范，对团体标准进行必要的规范、引导和监督。在工作推进上，选择市场化程度高、技术创新活跃、产品类标准较多的领域，先行开展团体标准试点工作。支持专利融入团体标准，推动技术进步。

（五）放开搞活企业标准。企业根据需要自主制定、实施企业标准。鼓励企业制定高于国家标准、行业标准、地方标准，具有竞争力的企业标准。建立企业

产品和服务标准自我声明公开和监督制度，逐步取消政府对企业产品标准的备案管理，落实企业标准化主体责任。鼓励标准化专业机构对企业公开的标准开展比对和评价，强化社会监督。

（六）提高标准国际化水平。鼓励社会组织和产业技术联盟、企业积极参与国际标准化活动，争取承担更多国际标准组织技术机构和领导职务，增强话语权。加大国际标准跟踪、评估和转化力度，加强中国标准外文版翻译出版工作，推动与主要贸易国之间的标准互认，推进优势、特色领域标准国际化，创建中国标准品牌。结合海外工程承包、重大装备设备出口和对外援建，推广中国标准，以中国标准“走出去”带动我国产品、技术、装备、服务“走出去”。进一步放宽外资企业参与中国标准的制定。

四、组织实施

坚持整体推进与分步实施相结合，按照逐步调整、不断完善的方法，协同有序推进各项改革任务。标准化工作改革分三个阶段实施。

（一）第一阶段（2015—2016 年），积极推进改革试点工作。

—— 加快推进《中华人民共和国标准化法》修订工作，提出法律修正案，确保改革于法有据。修订完善相关规章制度。（2016 年 6 月底前完成）

—— 国务院标准化主管部门会同国务院各有关部门及地方政府标准化主管部门，对现行国家标准、行业标准、地方标准进行全面清理，集中开展滞后老化标准的复审和修订，解决标准缺失、矛盾交叉等问题。（2016 年 12 月底前完成）

—— 优化标准立项和审批程序，缩短标准制定周期。改进推荐性行业和地方标准备案制度，加强标准制定和实施后评估。（2016 年 12 月底前完成）

—— 按照强制性标准制定原则和范围，对不再适用的强制性标准予以废止，对不宜强制的转化为推荐性标准。（2015 年 12 月底前完成）

—— 开展标准实施效果评价，建立强制性标准实施情况统计分析报告制度。强化监督检查和行政执法，严肃查处违法违规行为。（2016 年 12 月底前完成）

—— 选择具备标准化能力的社会组织和产业技术联盟，在市场化程度高、技术创新活跃、产品类标准较多的领域开展团体标准试点工作，制定团体标准发展指导意见和标准化良好行为规范。（2015 年 12 月底前完成）

—— 开展企业产品和服务标准自我声明公开和监督制度改革试点。企业自我声明公开标准的，视同完成备案。（2015 年 12 月底前完成）

—— 建立国务院标准化协调推进机制，制定相关制度文件。建立标准制修

订全过程信息公开和共享平台。（2015 年 12 月底前完成）

—— 主导和参与制定国际标准数量达到年度国际标准制定总数的 50%。（2016 年完成）

（二）第二阶段（2017—2018 年），稳妥推进向新型标准体系过渡。

—— 确有必要强制的现行强制性行业标准、地方标准，逐步整合上升为强制性国家标准。（2017 年完成）

—— 进一步明晰推荐性标准制定范围，厘清各类标准间的关系，逐步向政府职责范围内的公益类标准过渡。（2018 年完成）

—— 培育若干具有一定知名度和影响力的团体标准制定机构，制定一批满足市场和创新需要的团体标准。建立团体标准的评价和监督机制。（2017 年完成）

—— 企业产品和服务标准自我声明公开和监督制度基本完善并全面实施。（2017 年完成）

—— 国际国内标准水平一致性程度显著提高，主要消费品领域与国际标准一致性程度达到 95% 以上。（2018 年完成）

（三）第三阶段（2019—2020 年），基本建成结构合理、衔接配套、覆盖全面、适应经济社会发展需求的新型标准体系。

—— 理顺并建立协同、权威的强制性国家标准管理体制。（2020 年完成）

—— 政府主导制定的推荐性标准限定在公益类范围，形成协调配套、简化高效的推荐性标准管理体制。（2020 年完成）

—— 市场自主制定的团体标准、企业标准发展较为成熟，更好满足市场竞争、创新发展的需求。（2020 年完成）

—— 参与国际标准化治理能力进一步增强，承担国际标准组织技术机构和领导职务数量显著增多，与主要贸易伙伴国家标准互认数量大幅增加，我国标准国际影响力不断提升，迈入世界标准强国行列。（2020 年完成）

附录 D

国家标准委关于印发《推荐性标准集中复审工作方案》的通知（国标委综合〔2016〕28 号）

各省、　自治区、直辖市质量技术监督局（市场监督管理部门），国务院各有关部委、行业协会，集团公司，中国标准化研究院、全国组织机构代码管理中心、中国物品编码中心、中国标准化协会、标准信息中心，各直属全国专业标准化技术委员会：

为落实《深化标准化工作改革方案》（国发〔2015〕13 号），按照《贯彻实施＜深化标准化工作改革方案＞行动计划（2015—2016 年）》和《国家标准化体系建设发展规划（2016--2020 年）》的部署和要求，进一步优化完善推荐性标准体系，现将《推荐性标准集中复审工作方案》印发你们，请遵照执行。

中国国家标准化管理委员会

2016 年 4 月 19 日

推荐性标准集中复审工作方案（摘录）

为落实《深化标准化工作改革方案》，按照《贯彻实施＜深化标准化工作改革方案＞行动计划（2015—2016 年）》和《国家标准化体系建设发展规划（2016—2020 年）》的部署和要求，进一步优化完善推荐性标准体系，制定本工作方案。

一、工作目标

按照推荐性标准制定范围，对现行推荐性国家标准、行业标准和地方标准及制修订计划项目开展集中复审。2016 年底前，提出复审结论，形成废止一批、转化一批、修订一批的标准项目清单，重点解决现有各层级推荐性标准中存在的交叉、矛盾和滞后老化等突出问题，为推动推荐性标准向政府职责范围的公益类标准过渡奠定基础。

二、复审对象

集中复审工作的对象包括：现行推荐性国家标准、推荐性行业标准和推荐性地方标准；已经立项、正在制定过程中的推荐性国家标准、推荐性行业标准和推荐性地方标准制修订计划项目（如无特别说明，以下所称推荐性国家标准、推荐性行业标准、推荐性地方标准均包含制修订计划项目）。

三、工作原则

（一）明晰范围，厘清边界。加强顶层设计和统筹规划，准确把握政府标准的范围，逐步实现推荐性标准向政府职责范围内的公益类标准过渡。通过集中复审工作，逐步厘清推荐性国家、行业、地方三级标准的界限。

（二）问题导向，重在应用。以解决交叉、矛盾和滞后等问题为导向，充分考虑标准与相关法律法规、产业政策、监管制度的衔接，全面掌握推荐性标准的应用实施情况，提出明确可操作的复审结论及相关建议。

（三）优化存量，严控增量。通过集中复审逐步优化现行推荐性标准的存量，推动推荐性标准数量和规模的缩减。强化标准的立项评估，严控标准增量，加强制修订过程管理，提高标准体系的协调性和适用性。

（四）立足长远，协调发展。通过复审逐步建立标准实施信息反馈、标准协调和争议解决等机制。统筹兼顾推荐性标准复审与强制性标准精简整合、团体标准培育发展等改革创新工作，在保证基本供给的基础上为市场标准留出广阔发展空间。

附录 E

中华人民共和国认证认可条例

第一章　总　则

第一条　为了规范认证认可活动，提高产品、服务的质量和管理水平，促进经济和社会的发展，制定本条例。

第二条　本条例所称认证，是指由认证机构证明产品、服务、管理体系符合相关技术规范、相关技术规范的强制性要求或者标准的合格评定活动。

本条例所称认可，是指由认可机构对认证机构、检查机构、实验室以及从事评审、审核等认证活动人员的能力和执业资格，予以承认的合格评定活动。

第三条　在中华人民共和国境内从事认证认可活动，应当遵守本条例。

第四条　国家实行统一的认证认可监督管理制度。

国家对认证认可工作实行在国务院认证认可监督管理部门统一管理、监督和综合协调下，各有关方面共同实施的工作机制。

第五条　国务院认证认可监督管理部门应当依法对认证培训机构、认证咨询机构的活动加强监督管理。

第六条　认证认可活动应当遵循客观独立、公开公正、诚实信用的原则。

第七条　国家鼓励平等互利地开展认证认可国际互认活动。认证认可国际互认活动不得损害国家安全和社会公共利益。

第八条　从事认证认可活动的机构及其人员，对其所知悉的国家秘密和商业秘密负有保密义务。

第二章　认证机构

第九条　设立认证机构，应当经国务院认证认可监督管理部门批准，并依法取得法人资格后，方可从事批准范围内的认证活动。

未经批准，任何单位和个人不得从事认证活动。

第十条　设立认证机构，应当符合下列条件：

（一）有固定的场所和必要的设施；

（二）有符合认证认可要求的管理制度；

（三）注册资本不得少于人民币 300 万元；

（四）有 10 名以上相应领域的专职认证人员。

从事产品认证活动的认证机构，还应当具备与从事相关产品认证活动相适应的检测、检查等技术能力。

第十一条 设立外商投资的认证机构除应当符合本条例第十条规定的条件外，还应当符合下列条件：

（一）外方投资者取得其所在国家或者地区认可机构的认可；

（二）外方投资者具有 3 年以上从事认证活动的业务经历。

设立外商投资认证机构的申请、批准和登记，按照有关外商投资法律、行政法规和国家有关规定办理。

第十二条 设立认证机构的申请和批准程序：

（一）设立认证机构的申请人，应当向国务院认证认可监督管理部门提出书面申请，并提交符合本条例第十条规定条件的证明文件；

（二）国务院认证认可监督管理部门自受理认证机构设立申请之日起 90 日内，应当作出是否批准的决定。涉及国务院有关部门职责的，应当征求国务院有关部门的意见。决定批准的，向申请人出具批准文件，决定不予批准的，应当书面通知申请人，并说明理由；

（三）申请人凭国务院认证认可监督管理部门出具的批准文件，依法办理登记手续。

国务院认证认可监督管理部门应当公布依法设立的认证机构名录。

第十三条 境外认证机构在中华人民共和国境内设立代表机构，须经批准，并向工商行政管理部门依法办理登记手续后，方可从事与所从属机构的业务范围相关的推广活动，但不得从事认证活动。

境外认证机构在中华人民共和国境内设立代表机构的申请、批准和登记，按照有关外商投资法律、行政法规和国家有关规定办理。

第十四条 认证机构不得与行政机关存在利益关系。

认证机构不得接受任何可能对认证活动的客观公正产生影响的资助；不得从事任何可能对认证活动的客观公正产生影响的产品开发、营销等活动。

认证机构不得与认证委托人存在资产、管理方面的利益关系。

第十五条 认证人员从事认证活动，应当在一个认证机构执业，不得同时在两个以上认证机构执业。

第十六条 向社会出具具有证明作用的数据和结果的检查机构、实验室，应当具备有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，并依法经认定后，方可从事相应活动，认定结果由国务院认证认可监督管理部门公布。

第三章 认 证

第十七条 国家根据经济和社会发展的需要，推行产品、服务、管理体系认证。

第十八条 认证机构应当按照认证基本规范、认证规则从事认证活动。认证基本规范、认证规则由国务院认证认可监督管理部门制定；涉及国务院有关部门职责的，国务院认证认可监督管理部门应当会同国务院有关部门制定。

属于认证新领域，前款规定的部门尚未制定认证规则的，认证机构可以自行制定认证规则，并报国务院认证认可监督管理部门备案。

第十九条 任何法人、组织和个人可以自愿委托依法设立的认证机构进行产品、服务、管理体系认证。

第二十条 认证机构不得以委托人未参加认证咨询或者认证培训等为理由，拒绝提供本认证机构业务范围内的认证服务，也不得向委托人提出与认证活动无关的要求或者限制条件。

第二十一条 认证机构应当公开认证基本规范、认证规则、收费标准等信息。

第二十二条 认证机构以及与认证有关的检查机构、实验室从事认证以及与认证有关的检查、检测活动，应当完成认证基本规范、认证规则规定的程序，确保认证、检查、检测的完整、客观、真实，不得增加、减少、遗漏程序。

认证机构以及与认证有关的检查机构、实验室应当对认证、检查、检测过程作出完整记录，归档留存。

第二十三条 认证机构及其认证人员应当及时作出认证结论，并保证认证结论的客观、真实。认证结论经认证人员签字后，由认证机构负责人签署。

认证机构及其认证人员对认证结果负责。

第二十四条 认证结论为产品、服务、管理体系符合认证要求的，认证机构应当及时向委托人出具认证证书。

第二十五条 获得认证证书的，应当在认证范围内使用认证证书和认证标志，不得利用产品、服务认证证书、认证标志和相关文字、符号，误导公众认为其管理体系已通过认证，也不得利用管理体系认证证书、认证标志和相关文字、符号，

误导公众认为其产品、服务已通过认证。

第二十六条 认证机构可以自行制定认证标志，并报国务院认证认可监督管理部门备案。

认证机构自行制定的认证标志的式样、文字和名称，不得违反法律、行政法规的规定，不得与国家推行的认证标志相同或者近似，不得妨碍社会管理，不得有损社会道德风尚。

第二十七条 认证机构应当对其认证的产品、服务、管理体系实施有效的跟踪调查，认证的产品、服务、管理体系不能持续符合认证要求的，认证机构应当暂停其使用直至撤销认证证书，并予公布。

第二十八条 为了保护国家安全、防止欺诈行为、保护人体健康或者安全、保护动植物生命或者健康、保护环境，国家规定相关产品必须经过认证的，应当经过认证并标注认证标志后，方可出厂、销售、进口或者在其他经营活动中使用。

第二十九条 国家对必须经过认证的产品，统一产品目录，统一技术规范的强制性要求、标准和合格评定程序，统一标志，统一收费标准。

统一的产品目录（以下简称目录）由国务院认证认可监督管理部门会同国务院有关部门制定、调整，由国务院认证认可监督管理部门发布，并会同有关方面共同实施。

第三十条 列入目录的产品，必须经国务院认证认可监督管理部门指定的认证机构进行认证。

列入目录产品的认证标志，由国务院认证认可监督管理部门统一规定。

第三十一条 列入目录的产品，涉及进出口商品检验目录的，应当在进出口商品检验时简化检验手续。

第三十二条 国务院认证认可监督管理部门指定的从事列入目录产品认证活动的认证机构以及与认证有关的检查机构、实验室（以下简称指定的认证机构、检查机构、实验室），应当是长期从事相关业务、无不良记录，且已经依照本条例的规定取得认可、具备从事相关认证活动能力的机构。国务院认证认可监督管理部门指定从事列入目录产品认证活动的认证机构，应当确保在每一列入目录产品领域至少指定两家符合本条例规定条件的机构。

国务院认证认可监督管理部门指定前款规定的认证机构、检查机构、实验室，应当事先公布有关信息，并组织在相关领域公认的专家组成专家评审委员会，对符合前款规定要求的认证机构、检查机构、实验室进行评审；经评审并征求国务

院有关部门意见后，按照资源合理利用、公平竞争和便利、有效的原则，在公布的时间内作出决定。

第三十三条 国务院认证认可监督管理部门应当公布指定的认证机构、检查机构、实验室名录及指定的业务范围。

未经指定，任何机构不得从事列入目录产品的认证以及与认证有关的检查、检测活动。

第三十四条 列入目录产品的生产者或者销售者、进口商，均可自行委托指定的认证机构进行认证。

第三十五条 指定的认证机构、检查机构、实验室应当在指定业务范围内，为委托人提供方便、及时的认证、检查、检测服务，不得拖延，不得歧视、刁难委托人，不得牟取不当利益。

指定的认证机构不得向其他机构转让指定的认证业务。

第三十六条 指定的认证机构、检查机构、实验室开展国际互认活动，应当在国务院认证认可监督管理部门或者经授权的国务院有关部门对外签署的国际互认协议框架内进行。

第四章 认 可

第三十七条 国务院认证认可监督管理部门确定的认可机构（以下简称认可机构），独立开展认可活动。

除国务院认证认可监督管理部门确定的认可机构外，其他任何单位不得直接或者变相从事认可活动。其他单位直接或者变相从事认可活动的，其认可结果无效。

第三十八条 认证机构、检查机构、实验室可以通过认可机构的认可，以保证其认证、检查、检测能力持续、稳定地符合认可条件。

第三十九条 从事评审、审核等认证活动的人员，应当经认可机构注册后，方可从事相应的认证活动。

第四十条 认可机构应当具有与其认可范围相适应的质量体系，并建立内部审核制度，保证质量体系的有效实施。

第四十一条 认可机构根据认可的需要，可以选聘从事认可评审活动的人员。从事认可评审活动的人员应当是相关领域公认的专家，熟悉有关法律、行政法规以及认可规则和程序，具有评审所需要的良好品德、专业知识和业务能力。

第四十二条 认可机构委托他人完成与认可有关的具体评审业务的，由认可

机构对评审结论负责。

第四十三条 认可机构应当公开认可条件、认可程序、收费标准等信息。

认可机构受理认可申请，不得向申请人提出与认可活动无关的要求或者限制条件。

第四十四条 认可机构应当在公布的时间内，按照国家标准和国务院认证认可监督管理部门的规定，完成对认证机构、检查机构、实验室的评审，作出是否给予认可的决定，并对认可过程作出完整记录，归档留存。认可机构应当确保认可的客观公正和完整有效，并对认可结论负责。

认可机构应当向取得认可的认证机构、检查机构、实验室颁发认可证书，并公布取得认可的认证机构、检查机构、实验室名录。

第四十五条 认可机构应当按照国家标准和国务院认证认可监督管理部门的规定，对从事评审、审核等认证活动的人员进行考核，考核合格的，予以注册。

第四十六条 认可证书应当包括认可范围、认可标准、认可领域和有效期限。

认可证书的格式和认可标志的式样须经国务院认证认可监督管理部门批准。

第四十七条 取得认可的机构应当在取得认可的范围内使用认可证书和认可标志。取得认可的机构不当使用认可证书和认可标志的，认可机构应当暂停其使用直至撤销认可证书，并予公布。

第四十八条 认可机构应当对取得认可的机构和人员实施有效的跟踪监督，定期对取得认可的机构进行复评审，以验证其是否持续符合认可条件。取得认可的机构和人员不再符合认可条件的，认可机构应当撤销认可证书，并予公布。

取得认可的机构的从业人员和主要负责人、设施、自行制定的认证规则等与认可条件相关的情况发生变化的，应当及时告知认可机构。

第四十九条 认可机构不得接受任何可能对认可活动的客观公正产生影响的资助。

第五十条 境内的认证机构、检查机构、实验室取得境外认可机构认可的，应当向国务院认证认可监督管理部门备案。

第五章 监督管理

第五十一条 国务院认证认可监督管理部门可以采取组织同行评议，向被认证企业征求意见，对认证活动和认证结果进行抽查，要求认证机构以及与认证有关的检查机构、实验室报告业务活动情况的方式，对其遵守本条例的情况进行监督。发现有违反本条例行为的，应当及时查处，涉及国务院有关部门职责的，应

当及时通报有关部门。

第五十二条 国务院认证认可监督管理部门应当重点对指定的认证机构、检查机构、实验室进行监督，对其认证、检查、检测活动进行定期或者不定期的检查。指定的认证机构、检查机构、实验室，应当定期向国务院认证认可监督管理部门提交报告，并对报告的真实性负责；报告应当对从事列入目录产品认证、检查、检测活动的情况作出说明。

第五十三条 认可机构应当定期向国务院认证认可监督管理部门提交报告，并对报告的真实性负责；报告应当对认可机构执行认可制度的情况、从事认可活动的情况、从业人员的工作情况作出说明。

国务院认证认可监督管理部门应当对认可机构的报告作出评价，并采取查阅认可活动档案资料、向有关人员了解情况等方式，对认可机构实施监督。

第五十四条 国务院认证认可监督管理部门可以根据认证认可监督管理的需要，就有关事项询问认可机构、认证机构、检查机构、实验室的主要负责人，调查了解情况，给予告诫，有关人员应当积极配合。

第五十五条 省、自治区、直辖市人民政府质量技术监督部门和国务院质量监督检验检疫部门设在地方的出入境检验检疫机构，在国务院认证认可监督管理部门的授权范围内，依照本条例的规定对认证活动实施监督管理。

国务院认证认可监督管理部门授权的省、自治区、直辖市人民政府质量技术监督部门和国务院质量监督检验检疫部门设在地方的出入境检验检疫机构，统称地方认证监督管理部门。

第五十六条 任何单位和个人对认证认可违法行为，有权向国务院认证认可监督管理部门和地方认证监督管理部门举报。国务院认证认可监督管理部门和地方认证监督管理部门应当及时调查处理，并为举报人保密。

第六章 法律责任

第五十七条 未经批准擅自从事认证活动的，予以取缔，处 10 万元以上 50 万元以下的罚款，有违法所得的，没收违法所得。

第五十八条 境外认证机构未经批准在中华人民共和国境内设立代表机构的，予以取缔，处 5 万元以上 20 万元以下的罚款。

经批准设立的境外认证机构代表机构在中华人民共和国境内从事认证活动的，责令改正，处 10 万元以上 50 万元以下的罚款，有违法所得的，没收违法所得；情节严重的，撤销批准文件，并予公布。

第五十九条 认证机构接受可能对认证活动的客观公正产生影响的资助，或者从事可能对认证活动的客观公正产生影响的产品开发、营销等活动，或者与认证委托人存在资产、管理方面的利益关系的，责令停业整顿；情节严重的，撤销批准文件，并予公布；有违法所得的，没收违法所得；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第六十条 认证机构有下列情形之一的，责令改正，处5万元以上20万元以下的罚款，有违法所得的，没收违法所得；情节严重的，责令停业整顿，直至撤销批准文件，并予公布：

（一）超出批准范围从事认证活动的；

（二）增加、减少、遗漏认证基本规范、认证规则规定的程序的；

（三）未对其认证的产品、服务、管理体系实施有效的跟踪调查，或者发现其认证的产品、服务、管理体系不能持续符合认证要求，不及时暂停其使用或者撤销认证证书并予公布的；

（四）聘用未经认可机构注册的人员从事认证活动的。

与认证有关的检查机构、实验室增加、减少、遗漏认证基本规范、认证规则规定的程序的，依照前款规定处罚。

第六十一条 认证机构有下列情形之一的，责令限期改正；逾期未改正的，处2万元以上10万元以下的罚款：

（一）以委托人未参加认证咨询或者认证培训等为理由，拒绝提供本认证机构业务范围内的认证服务，或者向委托人提出与认证活动无关的要求或者限制条件的；

（二）自行制定的认证标志的式样、文字和名称，与国家推行的认证标志相同或者近似，或者妨碍社会管理，或者有损社会道德风尚的；

（三）未公开认证基本规范、认证规则、收费标准等信息的；

（四）未对认证过程作出完整记录，归档留存的；

（五）未及时向其认证的委托人出具认证证书的。

与认证有关的检查机构、实验室未对与认证有关的检查、检测过程作出完整记录，归档留存的，依照前款规定处罚。

第六十二条 认证机构出具虚假的认证结论，或者出具的认证结论严重失实的，撤销批准文件，并予公布；对直接负责的主管人员和负有直接责任的认证人员，撤销其执业资格；构成犯罪的，依法追究刑事责任；造成损害的，认证机构

应当承担相应的赔偿责任。

指定的认证机构有前款规定的违法行为的，同时撤销指定。

第六十三条 认证人员从事认证活动，不在认证机构执业或者同时在两个以上认证机构执业的，责令改正，给予停止执业 6 个月以上 2 年以下的处罚，仍不改正的，撤销其执业资格。

第六十四条 认证机构以及与认证有关的检查机构、实验室未经指定擅自从事列入目录产品的认证以及与认证有关的检查、检测活动的，责令改正，处 10 万元以上 50 万元以下的罚款，有违法所得的，没收违法所得。

认证机构未经指定擅自从事列入目录产品的认证活动的，撤销批准文件，并予公布。

第六十五条 指定的认证机构、检查机构、实验室超出指定的业务范围从事列入目录产品的认证以及与认证有关的检查、检测活动的，责令改正，处 10 万元以上 50 万元以下的罚款，有违法所得的，没收违法所得；情节严重的，撤销指定直至撤销批准文件，并予公布。

指定的认证机构转让指定的认证业务的，依照前款规定处罚。

第六十六条 认证机构、检查机构、实验室取得境外认可机构认可，未向国务院认证认可监督管理部门备案的，给予警告，并予公布。

第六十七条 列入目录的产品未经认证，擅自出厂、销售、进口或者在其他经营活动中使用的，责令改正，处 5 万元以上 20 万元以下的罚款，有违法所得的，没收违法所得。

第六十八条 认可机构有下列情形之一的，责令改正；情节严重的，对主要负责人和负有责任的人员撤职或者解聘：

（一）对不符合认可条件的机构和人员予以认可的；

（二）发现取得认可的机构和人员不符合认可条件，不及时撤销认可证书，并予公布的；

（三）接受可能对认可活动的客观公正产生影响的资助的。

被撤职或者解聘的认可机构主要负责人和负有责任的人员，自被撤职或者解聘之日起 5 年内不得从事认可活动。

第六十九条 认可机构有下列情形之一的，责令改正；对主要负责人和负有责任的人员给予警告：

（一）受理认可申请，向申请人提出与认可活动无关的要求或者限制条件的；

（二）未在公布的时间内完成认可活动，或者未公开认可条件、认可程序、收费标准等信息的；

（三）发现取得认可的机构不当使用认可证书和认可标志，不及时暂停其使用或者撤销认可证书并予公布的；

（四）未对认可过程作出完整记录，归档留存的。

第七十条 国务院认证认可监督管理部门和地方认证监督管理部门及其工作人员，滥用职权、徇私舞弊、玩忽职守，有下列行为之一的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员，依法给予降级或者撤职的行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任：

（一）不按照本条例规定的条件和程序，实施批准和指定的；

（二）发现认证机构不再符合本条例规定的批准或者指定条件，不撤销批准文件或者指定的；

（三）发现指定的检查机构、实验室不再符合本条例规定的指定条件，不撤销指定的；

（四）发现认证机构以及与认证有关的检查机构、实验室出具虚假的认证以及与认证有关的检查、检测结论或者出具的认证以及与认证有关的检查、检测结论严重失实，不予查处的；

（五）发现本条例规定的其他认证认可违法行为，不予查处的。

第七十一条 伪造、冒用、买卖认证标志或者认证证书的，依照《中华人民共和国产品质量法》等法律的规定查处。

第七十二条 本条例规定的行政处罚，由国务院认证认可监督管理部门或者其授权的地方认证监督管理部门按照各自职责实施。法律、其他行政法规另有规定的，依照法律、其他行政法规的规定执行。

第七十三条 认证人员自被撤销执业资格之日起 5 年内，认可机构不再受理其注册申请。

第七十四条 认证机构未对其认证的产品实施有效的跟踪调查，或者发现其认证的产品不能持续符合认证要求，不及时暂停或者撤销认证证书和要求其停止使用认证标志给消费者造成损失的，与生产者、销售者承担连带责任。

第七章 附 则

第七十五条 药品生产、经营企业质量管理规范认证，实验动物质量合格认证，军工产品的认证，以及从事军工产品校准、检测的实验室及其人员的认可，

不适用本条例。

依照本条例经批准的认证机构从事矿山、危险化学品、烟花爆竹生产经营单位管理体系认证，由国务院安全生产监督管理部门结合安全生产的特殊要求组织；从事矿山、危险化学品、烟花爆竹生产经营单位安全生产综合评价的认证机构，经国务院安全生产监督管理部门推荐，方可取得认可机构的认可。

第七十六条 认证认可收费，应当符合国家有关价格法律、行政法规的规定。

第七十七条 认证培训机构、认证咨询机构的管理办法由国务院认证认可监督管理部门制定。

第七十八条 本条例自 2003 年 11 月 1 日起施行。1991 年 5 月 7 日国务院发布的《中华人民共和国产品质量认证管理条例》同时废止。